COUSTEAU

ENCICLOPEDIA DEL MAR

3



folio





COUSTEAU

ENCICLOPEDIA DEL MAR

3

Dirección editorial: Julián Viñuales Solé

Asesores científicos: Serge Bertino, Rhodes W.Fairbridge, Antonio Ribera y Vicente Manuel Fernández

Traducción: Vicente Manuel Fernández y Miguel Aymerich

Coordinación editorial: Julián Viñuales Lorenzo

Coordinación técnica: Pilar Mora

Coordinación de producción: Miguel Angel Roig

Diseño cubierta: STV Disseny

Publicado por :
Ediciones Folio, S.A.
Muntaner, 371-373
08021 Barcelona

De esta obra hubo una edición anterior de doce volúmenes titulada genéricamente *Los Secretos del Mar.*

Distribución exclusiva para España y América:
Editorial Rombo, S.A.

ISBN: 84-7583-496-5 (Volumen 3)
84-7583-530-9 (Obra completa)

Impresión: Gráficas Estella

Depósito Legal: NA. 1304-1993
Printed in Spain

COUSTEAU

ENCICLOPEDIA DEL MAR


3

folio



SUMARIO



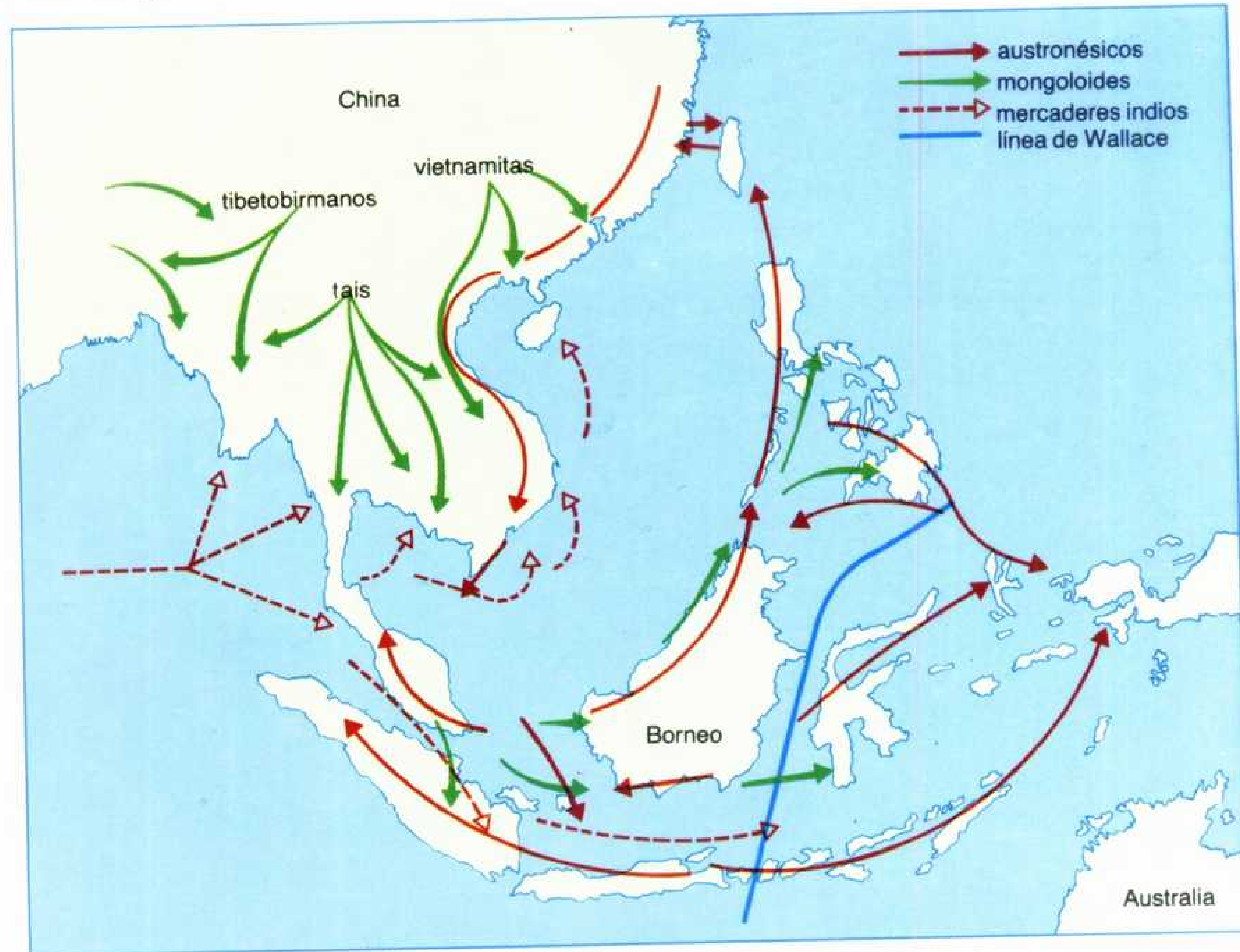

Los mares de Indonesia

Un laberinto de islas y mares

Un arco inmenso, poseedor de más de mil islas, que une el extremo sur de Asia con Australia, y que engloba un impresionante número de estrechos, de cuencas y de bahías: así se presentan las Indias Orientales, es decir, el archipiélago de la Sonda, políticamente dividido en varios estados. Estas islas tienen una gran importancia desde el punto de vista humano. Algunas, como Java, se encuentran superpobladas. Han recibido olas sucesivas de pueblos migradores, algunos de los cuales colonizaron posteriormente las islas del Pacífico. Las Indias Orientales, en el límite de los océanos Indico y Pacífico, estaban constantemente en contacto con civilizaciones prestigiosas de las que obtenían amplios beneficios. Hoy día, Indonesia se está convirtiendo en un gigante del planeta, gracias a sus 140 millones de habitantes y a su petróleo. Una tierra minúscula como Singapur posee una considerable importancia económica y comercial. La extensión total de las tierras emergidas del archipiélago es muy grande: 1.904.000 kilómetros cuadrados, pero su distribución es muy variable. En los 8.000 kilómetros que separan Sumatra de Nueva Guinea están presentes todo tipo de superficies. Innumerables islotes y algunas islas de importancia media rodean unos pocos gigantes, sobre una superficie total (incluidos los mares) de alrededor de seis millones de kilómetros cuadrados.

La mayor de estas tierras es Nueva Guinea (llamada *Irian* en malayo), de 805.000 kilómetros cuadrados. Le siguen Borneo *(Kalimantan)*, con 736.000; Sumatra *(Sumatera)*, con 435.000; las Célebes *(Sulawesi)*, con 172.000, y Java, con 127.000.

Toda esta región, que atraviesa el ecua-

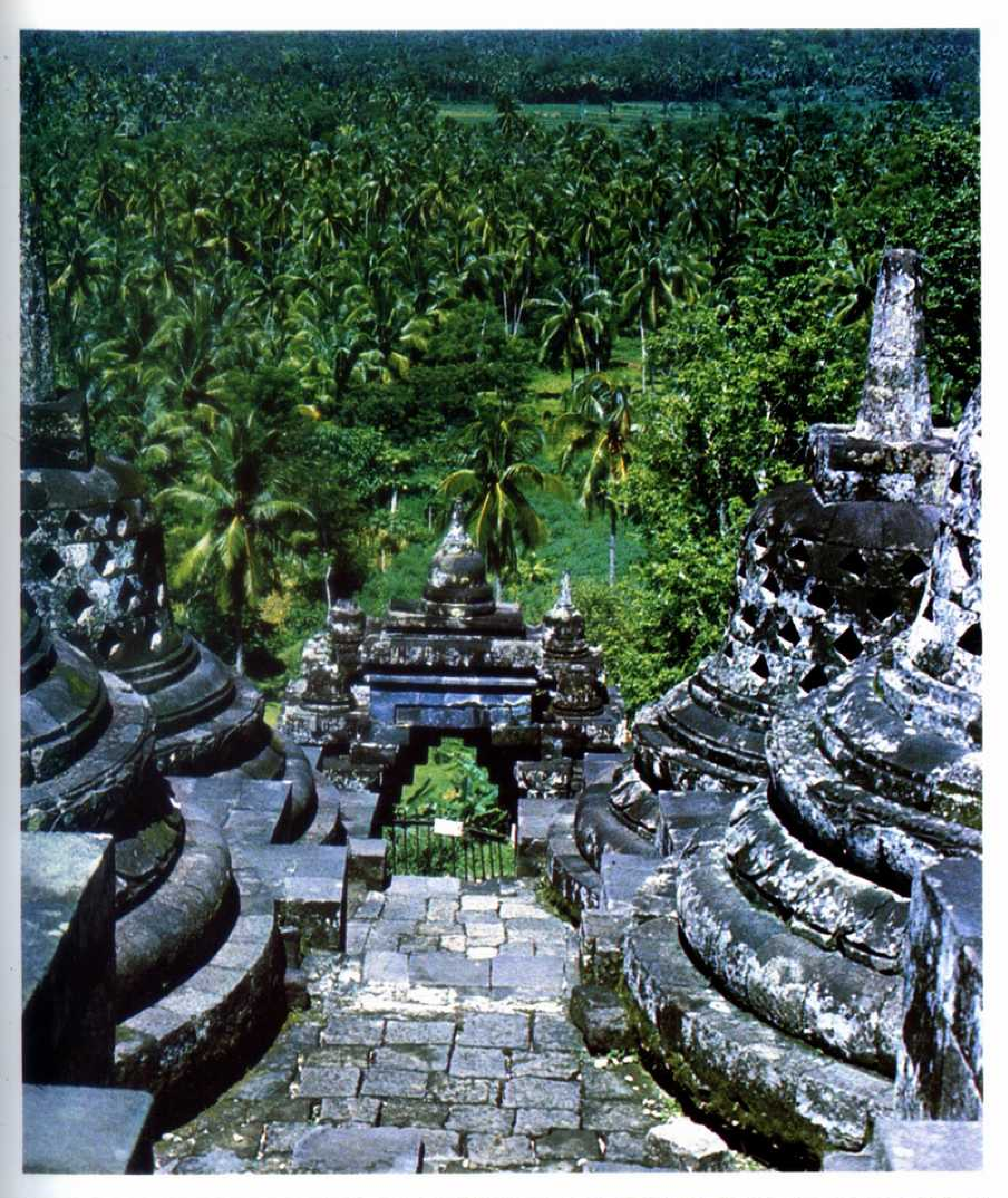








Una mezcla de pueblos y de culturas. *La tierra es rica y el clima ecuatorial hace crecer cualquier clase de frutos. El mar es igualmente generoso (fotografía de arriba y de la izquierda). Algunas de las maravillas arquitectónicas del mundo han sido construidas en Java (como el templo de Borobudur, arriba a la derecha) y en la cercana isla de Bali (como la gruta de los elefantes).*





dor, goza de un clima húmedo y cálido que favorece el crecimiento de una vegetación exuberante y la diferenciación de las especies animales. Los productos del gran bosque primario ecuatorial se unen a los de la agricultura (muy rica en estas tierras volcánicas), a las especias (pimienta, canela, nuez moscada) y a los recursos minerales: petróleo y gas natural (sobre todo en Sumatra y Borneo), estaño (en Bangka y Belitung) y níquel (en las Célebes). Sin embargo, la explosión demográfica hace difícil el despegue económico. Al subdesarrollo crónico de algunos países se une la tragedia de la intolerancia política y de la guerra civil.

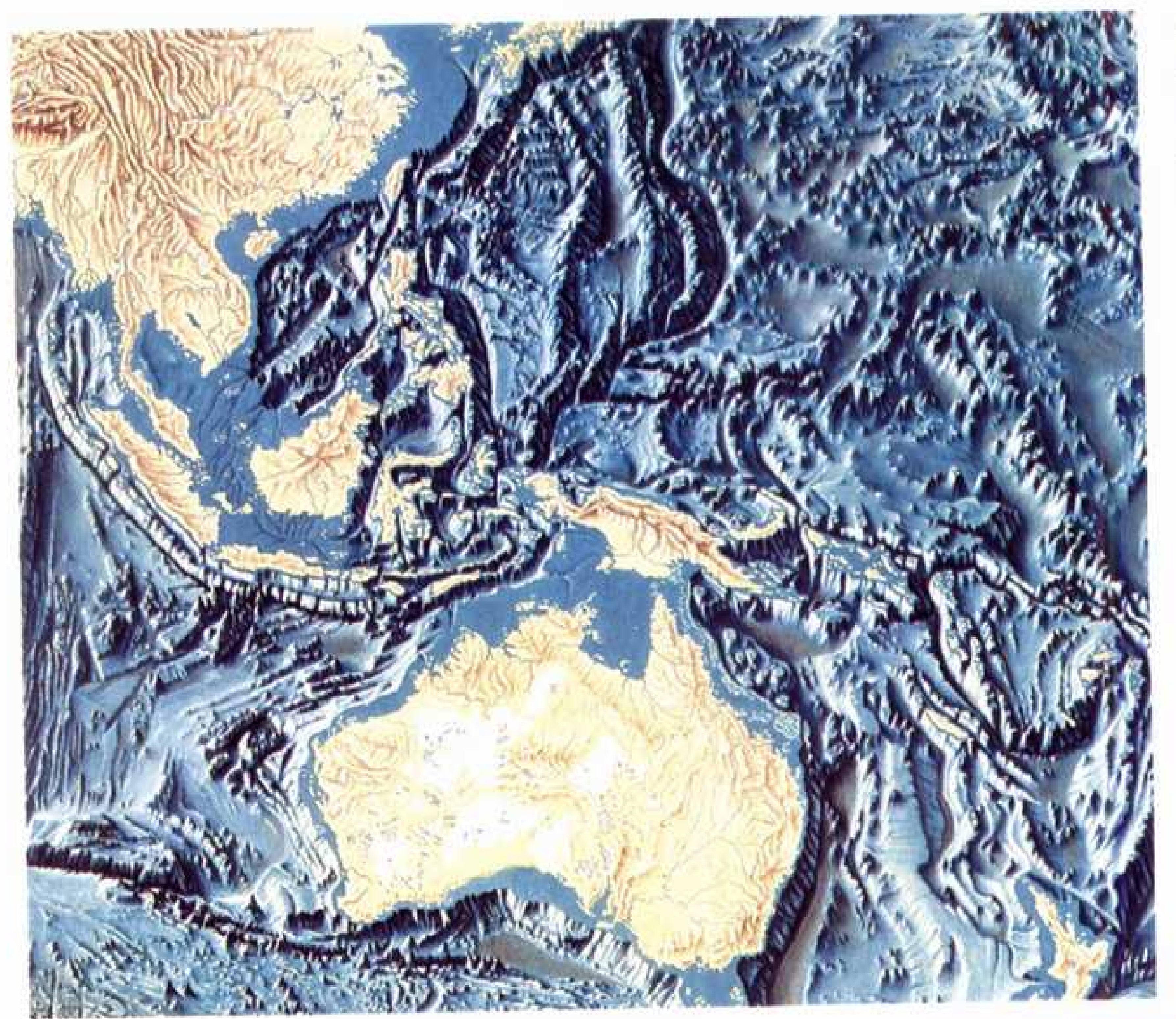
Desde el punto de vista biogeográfico, el archipiélago forma parte en su mitad occidental del Sudeste Asiático (habitado fundamentalmente por mamíferos placentarios), y en su mitad oriental, de la región australiana (caracterizada por sus eucaliptos y sus mamíferos no placentarios: monotremas y marsupiales). En 1869, el naturalista inglés A. R. Wallace situaba ya la línea de división de estos dos territorios en el estrecho de Macasar (entre Borneo y las Célebes) y entre Bali y Lombok. Esta frontera zoogeográfica, que ha sido ligeramente desplazada hacia el este por los científicos modernos, aún conserva el nombre de línea de Wallace.

La civilización china fue probablemente la primera en conquistar Insulindia; desde muy temprana edad, seguramente desde el año 2000 a. de C., los chinos establecieron en ella sus agencias de comercio. Los árabes llegaron mucho más tarde. El primer europeo que alcanzó esta región fue Magallanes, en 1521; murió en Filipinas sin poder acabar su vuelta al mundo, que terminó en su nombre su lugarteniente Elcano, después de visitar las islas Célebes, a bordo del *Victoria*, único barco superviviente de la expedición. A partir de esta época, las Molucas tuvieron la reputación de ser «islas de las especias» y fueron el objeto de toda clase de codicias. Francis Drake las visitó en 1580; Torres, en 1607. Los holandeses fueron los dueños del archipiélago posteriormente, llamándose entonces Indias Neerlandesas, que administraron hasta la segunda guerra mundial. Después de la invasión de las islas por Japón y de la derrota de este país, la mayor parte de estas tierras obtuvieron la independencia con el nombre de República de Indonesia. Malasia conservó aún algunas tierras en Borneo; los británicos administraron todavía durante algunos años Singapur, y los portugueses les imitaron con los territorios de Timor oriental, mientras que los australianos acaparaban el este de Nueva Guinea. Actualmente, los problemas políticos son menores que los económicos, religiosos y raciales.

Plataformas continentales

Las profundas depresiones submarinas que dividen en dos el archipiélago de las Indias Orientales separan, siguiendo un complejo sistema, las dos mayores plataformas continentales de la Tierra. Al noroeste, unida al Sudeste Asiático, se extiende la formidable plataforma de la Sonda, cuya superficie alcanza 1.800.000 kilómetros cuadrados, y que engloba a Sumatra, Java, Borneo y Célebes. Al sudeste, limitada por Timor, Nueva Guinea y Australia, se halla la plataforma continental del Sahul, de 1.530.000 kilómetros cuadrados. Esta formación geológica está subdividida en varias entidades locales: la plataforma de Rowley, en la región sudoccidental; la de Sahul en sentido estricto, en la región central, y la de Arafura, bajo el mar del mismo nombre, que linda con el golfo de Carpentaria —esa gran escotadura del Norte de Australia—. Cuando se sobrepasa el estrecho de Torres, en gran parte invadido por corales, entre Nueva Guinea y Australia, se desemboca en la Gran Barrera de Coral.

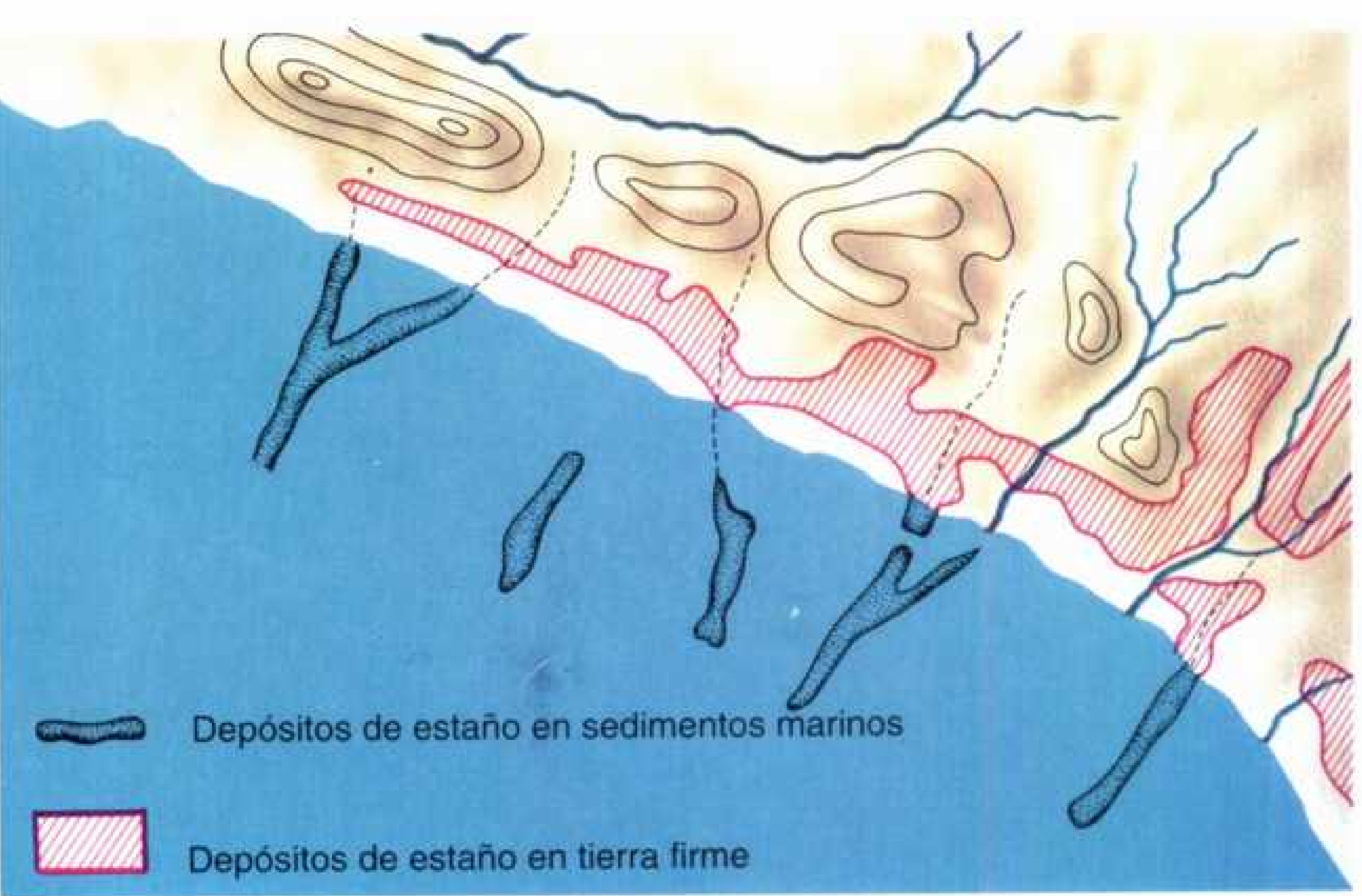
La plataforma continental de la Sonda está formada por una región muy erosionada, muy antigua y geológicamente estable. Su base está constituida por rocas cristalinas que se formaron en una época comprendida entre el final del Paleozoico y del Triásico. Estas rocas han sufrido la acción de los elementos; son todavía visibles en algunas zonas de Borneo, de Malasia y de las «islas del estaño», Bangka y Belitung, situadas entre Sumatra y Borneo. Antes de sumergirse, estas rocas soportaron los efectos de la lluvia, del viento y de los torrentes. Cuando fueron sepultadas bajo el mar, durante las transgresiones del Cuaternario, sufrieron la acción del agua del mar y recibieron gradualmente sedimentos. Sin embargo, esta erosión marina y estos sedimentos no disimulan el antiguo trazado de los valles fluviales. El geógrafo holandés G. A. F. Molengraaff realizó una delimitación muy precisa de este trazado en la década de 1920. Desde entonces, las investigaciones han precisado aún más su contorno. El principal sistema hidrográfico que drenaba esta región antes de su inmersión consistía en una red de ríos que partían de Sumatra y de Borneo para confluir posteriormente y morir en el mar de China meridional, después de haber corrido hacia el Norte. Otro sistema fluvial tenía dirección inversa: después de recoger las aguas de Java y del sur de Borneo, las llevaba hacia el mar de Flores. El conocimiento de estas redes hidrográficas inundadas ha permitido el descubrimiento de algunos yacimientos de estaño, que son la riqueza de Malasia y de las islas indonesias de Bangka y Belitung. El asentamiento humano en las islas se vio favorecido por el descenso de las aguas marinas durante los períodos glaciales. Este hecho tuvo idéntico significado para las plantas y los animales. Los tigres, los elefantes y los rinocerontes pasaron así a pie entre el Sudeste Asiático y las islas de la Sonda. Cuando quedaron aisladas por la subida de las aguas, estas especies dieron lugar a subespecies más pequeñas, según el esquema habitual de los ecosistemas insulares. El hombre, por su parte, se encuentra presente en la región desde hace centenares de miles de años: el fósil del hombre de Java, que fue llamado durante mucho tiempo pitecántropo *(Pithecantropus erectus)*, ha sido colocado por los prehistoriadores entre los homínidos *(Homo erectus)* y tiene una antigüedad de dos millones de años. Es casi contemporáneo de los restos más viejos del género *Homo* descubiertos en territorio de Africa.



Las mayores plataformas continentales del océano mundial. *La plataforma continental de la Sonda es la mayor del mundo. Le sigue la de Sahul, que se extiende desde Timor a Australia. Las Indias Orientales vivieron durante mucho tiempo del comercio de las especias. Actualmente son sus principales recursos: el estaño, el níquel y los hidrocarburos, de los que Indonesia es uno de los principales productores del mundo. En la foto inferior, depósitos de petróleo en las costas de Borneo.*







Ríos sumergidos. *La plataforma continental de la Sonda poseía en el Pleistoceno dos redes hidrográficas principales (mapa, arriba). El mapa de la izquierda muestra el aspecto de las tierras emergidas en esta época. La cuenca septentrional recogía las aguas de Sumatra y del oeste de Borneo para conducirlas al mar de la China meridional, mientras que la cuenca meridional drenaba el sur de Borneo y Java para morir en el mar de Flores. Los ríos transportaron abundantes y ricos sedimentos (esquema, arriba) que se explotan actualmente.*

Clima, corrientes y mareas

LAS Indias Orientales están como a caballo sobre el ecuador, sometidas todas ellas a los efectos de los vientos monzónicos. En el invierno boreal se establece sobre Asia continental una zona de altas presiones; los vientos soplan en dirección del Sur sobre el archipiélago, hasta Australia, arrastrando consigo nubes cargadas de lluvia. Durante el verano boreal, los alisios procedentes del Sudeste —y que se han secado al pasar sobre Australia— se cargan de humedad nuevamente en el dédalo de los canales de la Sonda, antes de mezclarse con los vientos monzónicos. En otoño y primavera, estos vientos son muy irregulares: los navegantes holandeses llamaban a estas estaciones *kentering*, «tiempo de perturbaciones». Aunque fuertes, los vientos y precipitaciones del monzón de verano no tienen el carácter virulento que adoptan en la India. Tanto la temperatura del aire como la del agua apenas varía de una estación a otra: oscila entre los 27 y los 29 °C. La razón de esta estabilidad estriba, evidentemente, en la latitud a que se encuentra el archipiélago.

Las corrientes superficiales están sometidas a la influencia del Pacífico y los vientos monzónicos. La principal corriente ecuatorial del Pacífico corre hacia el Oeste en dirección a las Filipinas y tuerce hacia el Norte para transformarse gradualmente en el Kuro-Shivo. Un importante ramal, no obstante, se dirige hacia el sur de las Filipinas y, a través del estrecho de Macasar y el mar de Sulú, llega al mar de la China meridional. En toda la zona que abarcan los mares de la China meridional, de Java y de Flores, hasta los mares de Banda y de Arafura, las corrientes discurren generalmente hacia el Oeste durante el verano boreal, y en sentido contrario, hacia el Este, durante el invierno. Su velocidad varía entre los 8 y los 35 kilómetros diarios.

Entre la costa de las Filipinas y las del sur de Java se observa una diferencia notable en el nivel del mar: durante el período agosto-septiembre, el nivel se eleva en unos 50 centímetros más a lo largo de las islas Filipinas que a lo largo de Java. Naturalmente, esta diferencia, debida al vaivén de las mareas, de las corrientes y a la evaporación, se compensa continuamente. De ello resulta una corriente ininterrumpida que va desde el océano Pacífico hasta el océano Indico a través del archipiélago de la Sonda, y que vierte diariamente cuatro millones de metros cúbicos de agua del primero en el segundo. Sin embargo, en estas regiones las mareas no son en general muy importantes: su amplitud es del orden de un metro en Java, y apenas algo más en Borneo y Timor. En Ambon y el mar de Banda al-

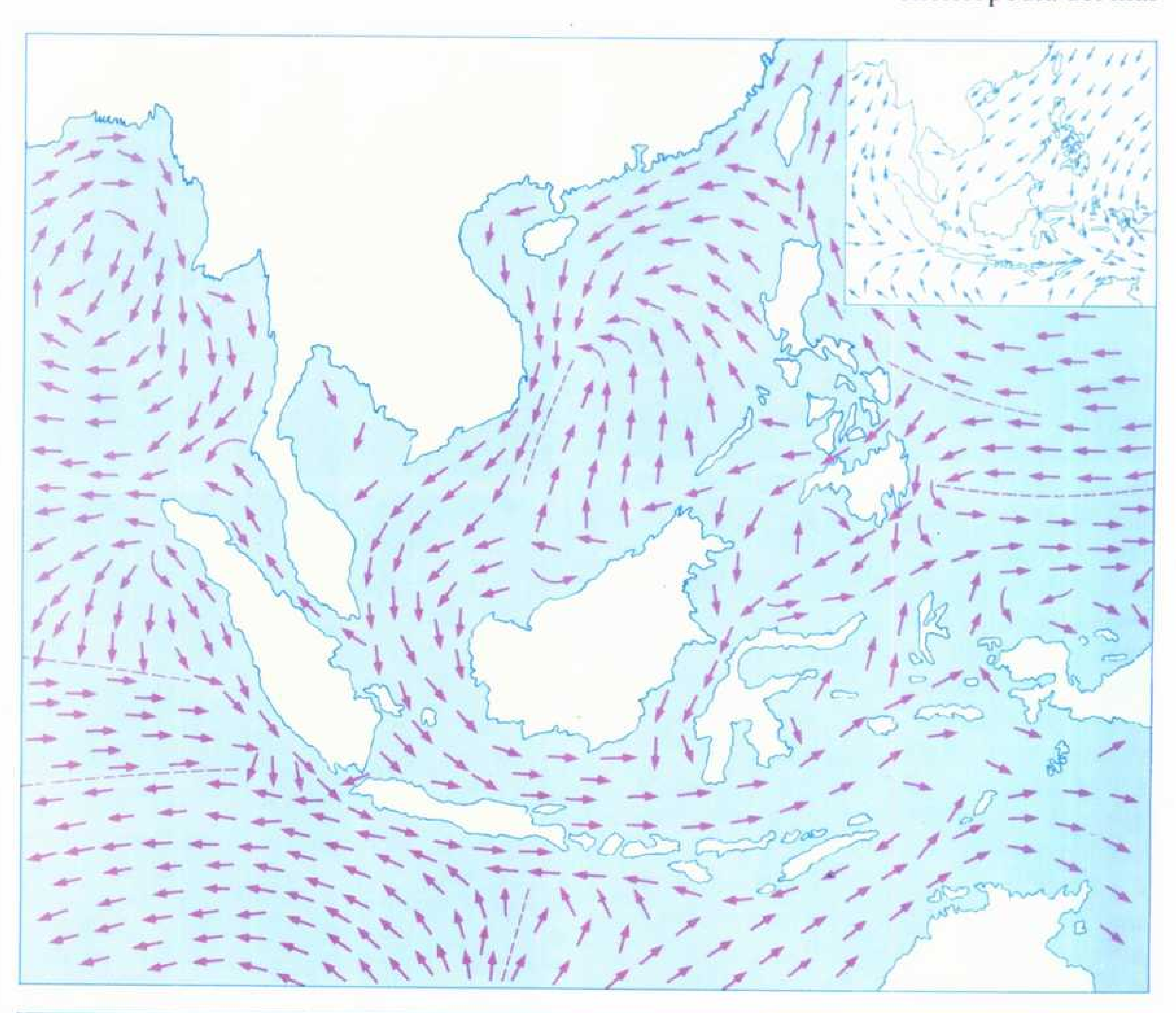


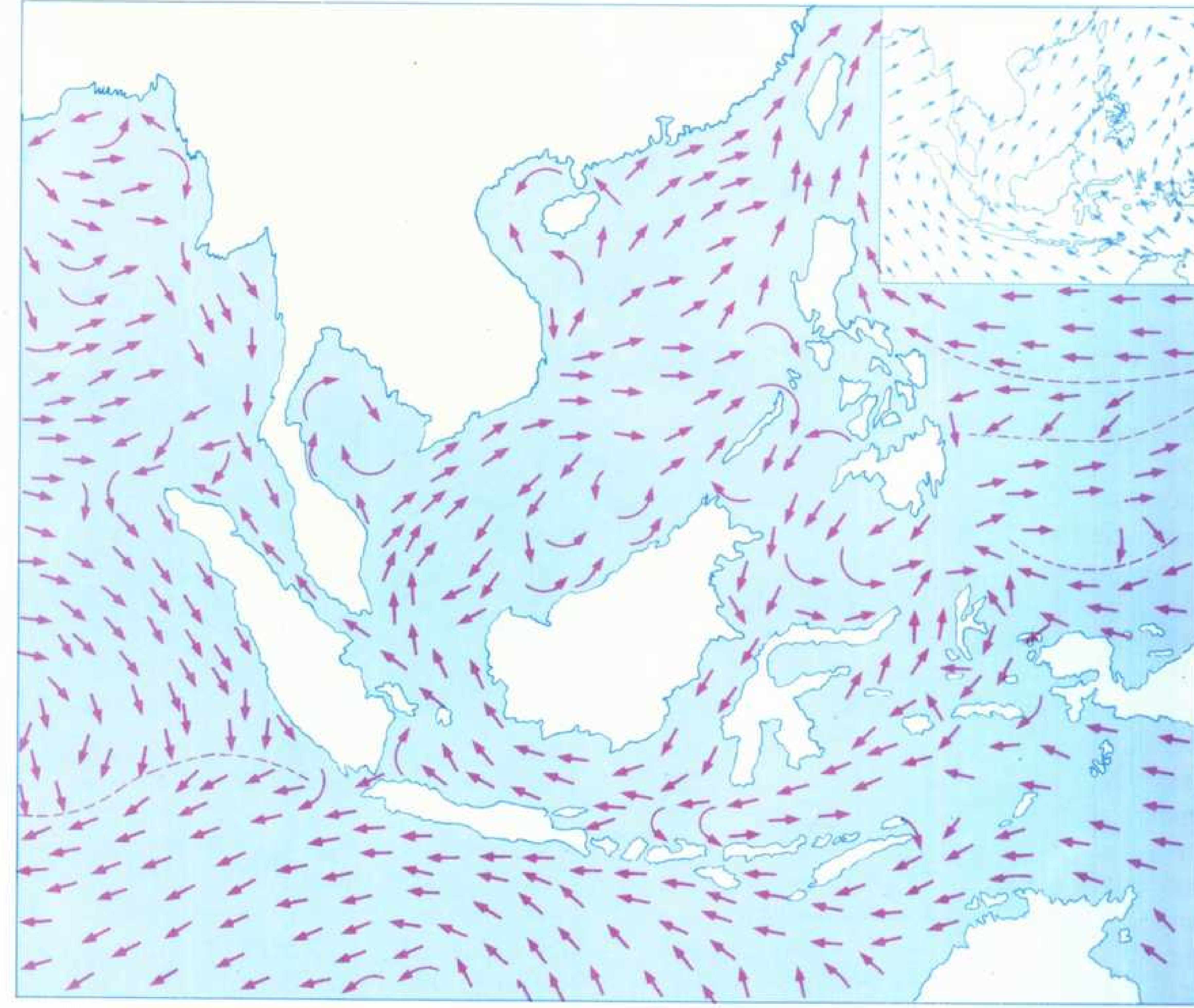
canzan unos dos metros, mientras que son comunes los cuatro o cinco metros en Nueva Guinea, y más altas aún en la costa norte de Australia. Las marejadas hacen difícil la navegación entre ciertas islas: los estrechos aceleran las aguas, superando a menudo los dos nudos de velocidad. En el estrecho de Tjapalulu, entre las islas Sulú, la corriente alcanza tal velocidad que las embarcaciones a vela a duras penas pueden contrarrestarla: se han cronometrado 9,3 nudos.

Las corrientes profundas son menos conocidas. En esta zona de estrechos canales, en este dédalo de islas, las investigaciones oceanográficas están apenas en sus comienzos.

En esta amplia cuenca, los fenómenos más peligrosos siguen siendo, no obstante, los *tsunamis* devastadores que acompañan a los terremotos y las erupciones volcánicas.







Corrientes y vientos. *Los mapas de esta página muestran la dirección de las corrientes superficiales en los mares del Asia sudoriental, respectivamente en febrero (arriba) y en agosto (abajo). Una de las constantes en esta zona es el intenso flujo acuático que, procedente del Pacífico, llega a los mares de Flores y de Java a través del estrecho de Macasar. En la franja de mar que va de Singapur al mar de Arafura, el sentido de las corrientes se invierte con el cambio de las estaciones. Los dos mapas pequeños (engatillados en los grandes) muestran el régimen de vientos en los períodos del monzón de verano (lluvioso) y de invierno (seco). En la fotografía de la izquierda: la llegada del monzón de verano a la península de Malaca.*

Hidrología de las Indias Orientales

Las Indias Orientales comprenden una serie de cuencas marítimas que todos los oceanógrafos coinciden en clasificar como dependencias del océano Pacífico. Pese a las inversiones debidas a los monzones, el agua pasa globalmente del Pacífico al océano Indico, a través de una serie de «diques», de «filtros» o estrechos sumamente angostos. En realidad, no está bien definido el límite entre los océanos Pacífico e Indico, y sigue siendo arbitrario. Según algunos geógrafos, la frontera entre las dos grandes unidades pasa por Singapur, Borneo, las Célebes, Ceram y Nueva Guinea. Según otros, por Singapur, Sumatra, Java, Timor y el norte de Australia. A decir verdad, es una cuestión meramente secundaria.

La salinidad de los diversos estratos y cuencas del mar de las Indias Orientales varía grandemente y depende en especial de la potencia de los ríos que en él vierten. La evaporación es constantemente alta, a causa de la intensidad de la irradiación solar y de los vientos. Durante la estación de las lluvias, la salinidad desciende en torno a 32 ó 33,5 por 1.000. Durante la estación seca, en cambio, debido al menor caudal de los ríos y a la evaporación, sube nuevamente y se establece en alrededor del 35 por 1.000.

Las cuencas profundas se transformarían rápidamente en cubetas de agua muy salada si las fuertes corrientes que imperan entre los océanos Indico y Pacífico no removieran su masa acuática. La profundidad de estas fosas alcanza con bastante frecuencia los 3.000 metros. El récord lo ostenta la fosa de Weber, donde se superan los 7.000 metros. El batido de las aguas se hace posible por el hecho de que todas las cuencas locales, con excepción del mar de Sulú, poseen por lo menos un umbral a más de 1.000 metros de profundidad. Los umbrales profundos permiten el paso de corrientes frías y densas, cuya temperatura es del orden de los 4 °C. El mar de Sulú, dados sus umbrales poco profundos (el más bajo es de 400 metros), sólo recibe aguas cálidas, e incluso sus capas profundas están más bien templadas, de unos 10 °C aproximadamente (estos estratos se caracterizan, además, por su contenido muy bajo en oxígeno y en carbonato de calcio disueltos).

Las características hidrológicas de la cuenca próxima al mar de Sulú, esto es, del mar de Célebes *(Sulawesi)*, son, por así decir, contrapuestas. Gracias a su umbral poco profundo (1.400 metros), este mar recibe abundantes aguas frías procedentes del Pacífico, cuya temperatura sólo alcanza los 3,5 °C. A medida que se avanza hacia el Sur, esta cuenca se vuelve más profunda: una serie de escalones en anfiteatro lleva a las proximidades del mar de Banda. Las más profundas fosas locales superan los 5.000 metros.

Los mares que confinan con el mar de la China meridional, como el mar de Java, y los cercanos a Australia, como los mares de Timor y de Arafura, no están sometidos a la acción de corrientes profundas, aunque tengan una gran anchura. Una cuenca oceanográfica muy interesante es la de Kau, en la isla de Halmahera, que forma parte de las Molucas. Esta cubeta, cuyo umbral apenas tiene 50 metros de profundidad, no recibe prácticamente nunca agua nueva; a 500 metros de profundidad presenta un contenido en hidrógeno sulfurado muy elevado (hasta 0,30 centímetros cúbicos por litro), mientras que el oxígeno brilla por su ausencia. Evidentemente, no hay vida posible en tales circunstancias, salvo ciertas bacterias especializadas en el tratamiento de los sulfuros. Es un ambiente comparable al de las capas bajas del mar Negro, donde se han acumulado cienos detríticos, ricos probablemente en hidrocarburos.

0
1000
océano Indico
2000 m
mar de Timor
mar de Banda
mar de las Molucas
océano Pacífico

0
1000
2000
3000
4000
5000
6000 m
29 °C
mar de Banda
cuenca de Buru
mar de las Molucas
océano Pacífico
5 °C
2°C
1,5°C
2,8°C
2,7°C
1,7°C
1,3°C

Circulación profunda y salinidad. *El dibujo superior representa el sistema de corrientes profundas que se establecen entre el océano Pacífico y el océano Indico a través de las Indias Orientales. El dibujo de abajo pone de relieve los flujos de agua profunda en las cuencas de Banda, de Buru y de las Molucas. Cuanto más oscuro es el color, más frías son las aguas. Los dibujos de la página siguiente muestran la variación mensual de la lengua de agua muy salada (más del 32 por 1.000) que penetra en el mar de Java procedente del mar de la China meridional. Esta lengua salada favorece la formación de arrecifes (fotografías de abajo).*



enero

mar de Java

febrero

mar de Java

marzo

mar de Java

abril

mar de Java

mayo

mar de Java

junio

mar de Java

Sedimentos y geología regional

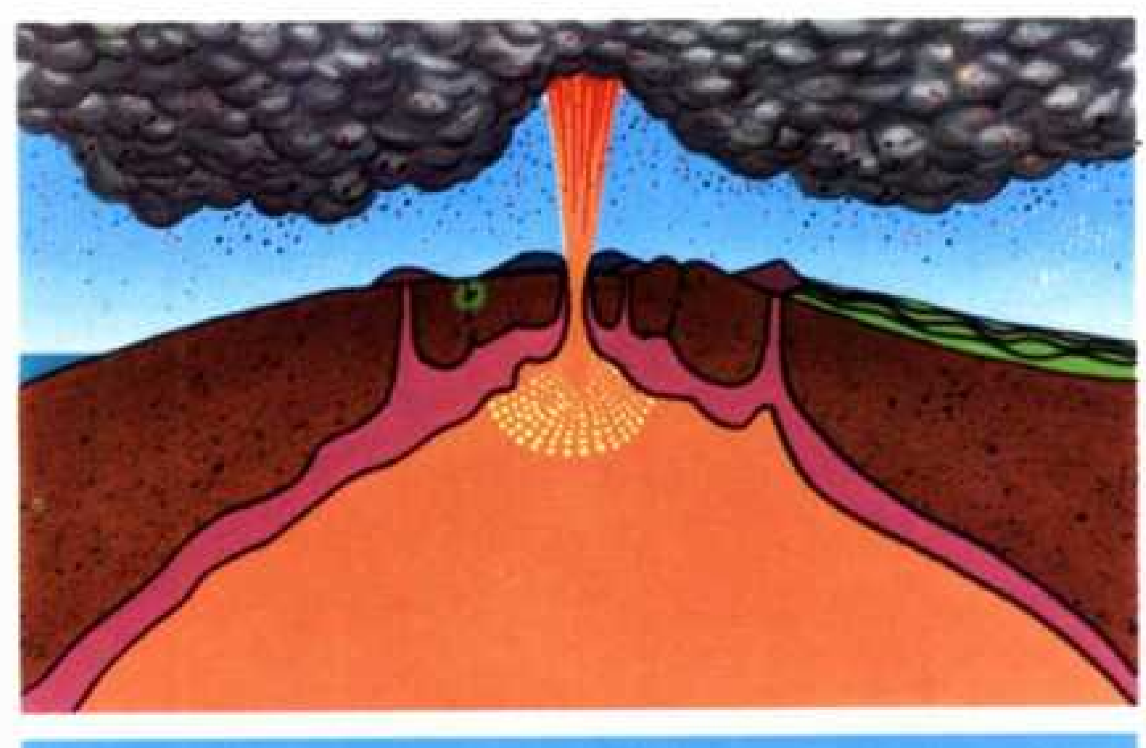
A la par que el clima ecuatorial, son los volcanes los que más influyen en los procesos sedimentarios en las cuencas de las Indias Orientales. Borneo y Nueva Guinea son las únicas islas de gran tamaño que no están presididas por cráteres eruptivos. Los hay en todos los demás lugares, y con una potencia colosal. Hace unos 75.000 años, la erupción del Toba, al norte de Sumatra, abrió un embudo de 100 kilómetros de diámetro (ocupado por un lago en la actualidad) y cubrió de cenizas la mayor parte de Indonesia, del Asia sudoriental y de la India. El Tambora, en la isla de Sumbawa, desparramó sus cenizas, en 1815, sobre una superficie apenas menor. En 1883, la explosión del Krakatoa, en el estrecho que separa a Sumatra de Java, se oyó hasta Australia, tuvo una potencia de varias decenas de bombas atómicas, y creó un *tsunami* devastador que costó la vida a 36.000 personas y se apreció hasta en la región de El Cabo, a 6.000 kilómetros de distancia. Según los datos proporcionados por los sondeos petrolíferos, en la región de la Sonda se acumularon al menos 400.000 kilómetros cúbicos de sedimentos volcánicos en el transcurso del Neógeno, es decir, durante los últimos 40 millones de años. Así, las cuencas indonesias se colmaron con gran rapidez.

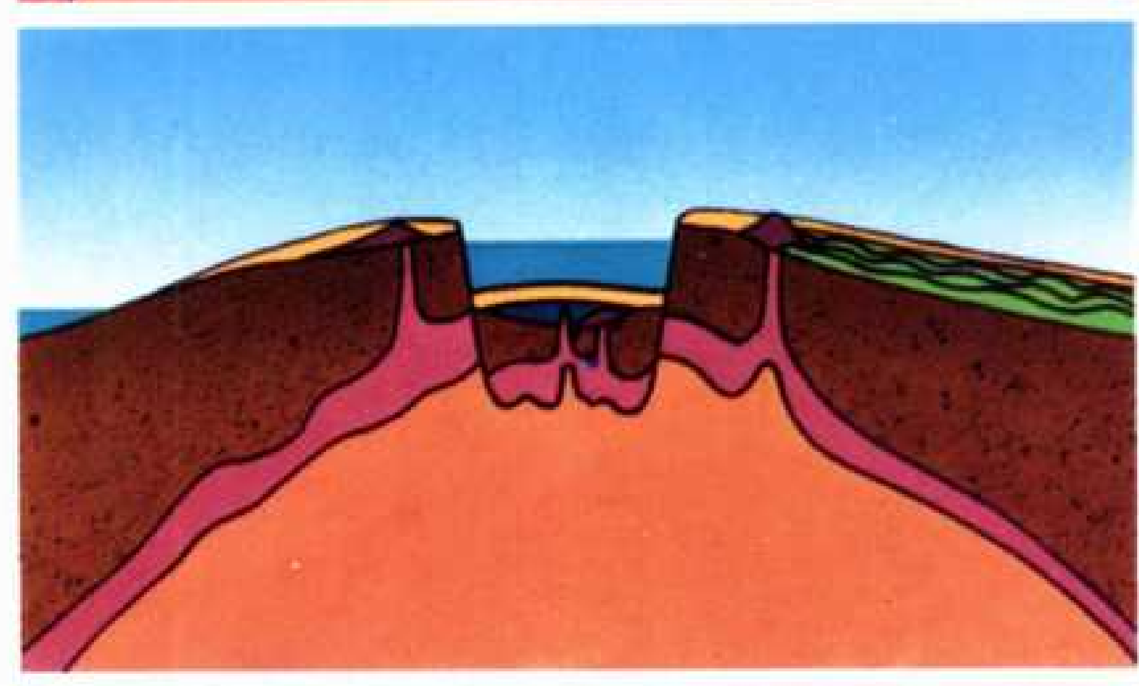
En la península de Malaca y en Nueva Guinea se han podido sacar a luz ciertas rocas sedimentarias o cristalinas que se remontan a los períodos comprendidos entre la mitad del Paleozoico y el Triásico. Rocas del Precámbrico sólo se encuentran en la parte septentrional de Australia. Al norte de Borneo, en Nueva Guinea y en Timor se han descubierto algunas secuencias orogénicas del Mesozoico. Pero la mayor parte de Insulindia está formada por sedimentos más o menos consolidados que datan del Terciario y del Cuaternario y que son, esencialmente, de origen volcánico.

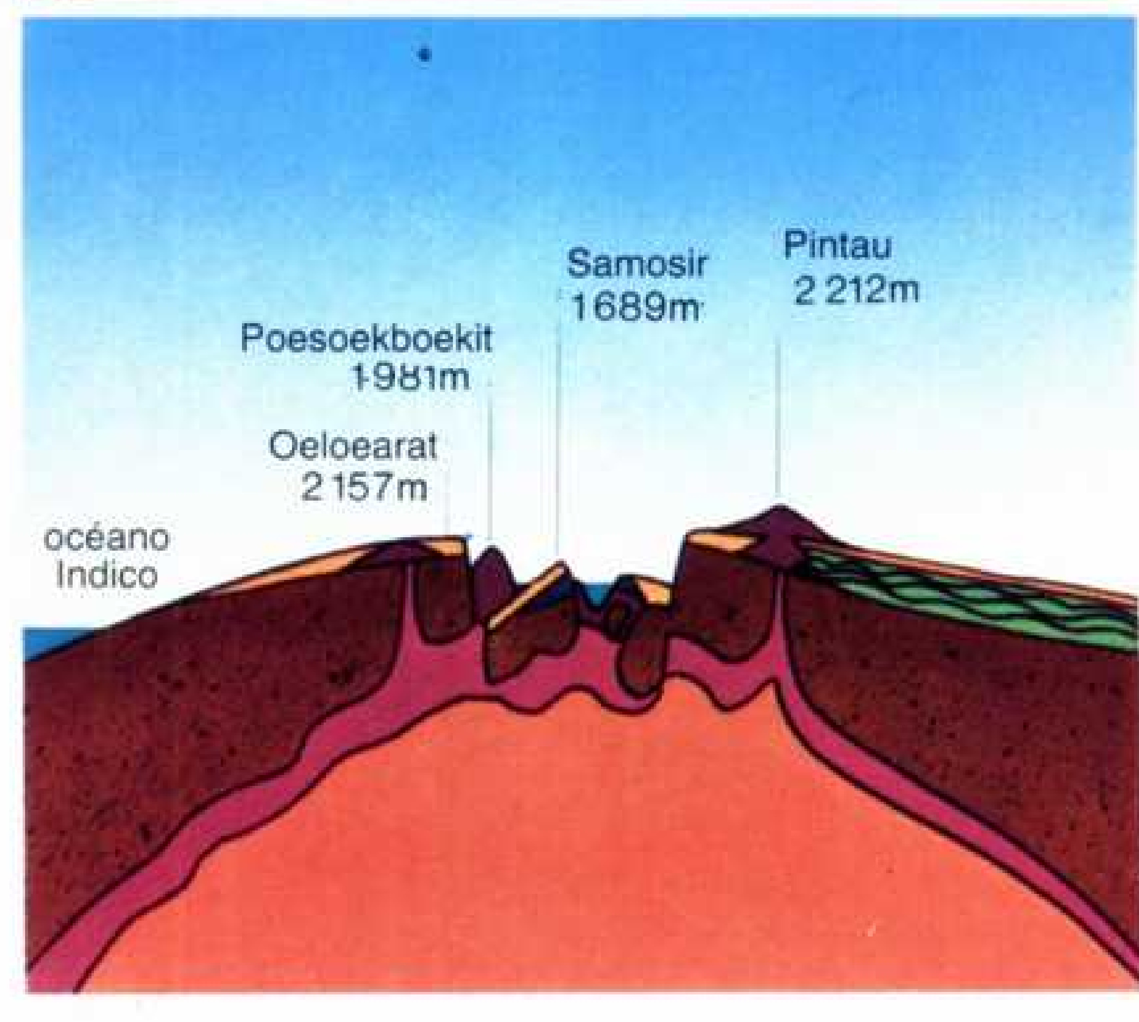
En parajes no sometidos todavía a la influencia perniciosa del hombre, estas islas están cubiertas de una densa selva primaria ecuatorial. La erosión, en cambio, es intensa en las pendientes volcánicas recientes y en las montañas que el hombre ha deforestado: como consecuencia de las lluvias diluviales de la estación húmeda, se forman auténticos torrentes de lodo. Los ríos de las grandes islas discurren por lo común hacia el mar de Java. Acarrean colosales cantidades de aluviones, que depositan en parte en las planicies costeras y el resto lo arrastran hasta la plataforma continental. El más largo curso de agua de la región es el Kapuas, en Borneo, que alcanza los 1.143 kilómetros de longitud. Algunos deltas se adentran en el mar con prodigiosa rapidez: el del Bodri, en Java, avanza cada año 200 metros, y 75 metros el del Djambi, en Sumatra.

Los sedimentos de las cuencas más profundas consisten en cienos de globigerinas (por el nombre de los organismos marinos que los constituyen). Contienen un 30 por 100 de carbonato de calcio, y están mezclados con grandes cantidades de arcilla terrígena y de cenizas volcánicas. En el mar de Flores, las cenizas procedentes de la erupción del Tambora, en 1815, estaban ya cubiertas en 1930 por 20 a 130 milímetros de cienos recientes, de origen esencialmente orgánico. Es verdaderamente excepcional la rapidez con que estos cienos se acumulan. Sólo algunas zonas del Atlántico presentan una actividad comparable.

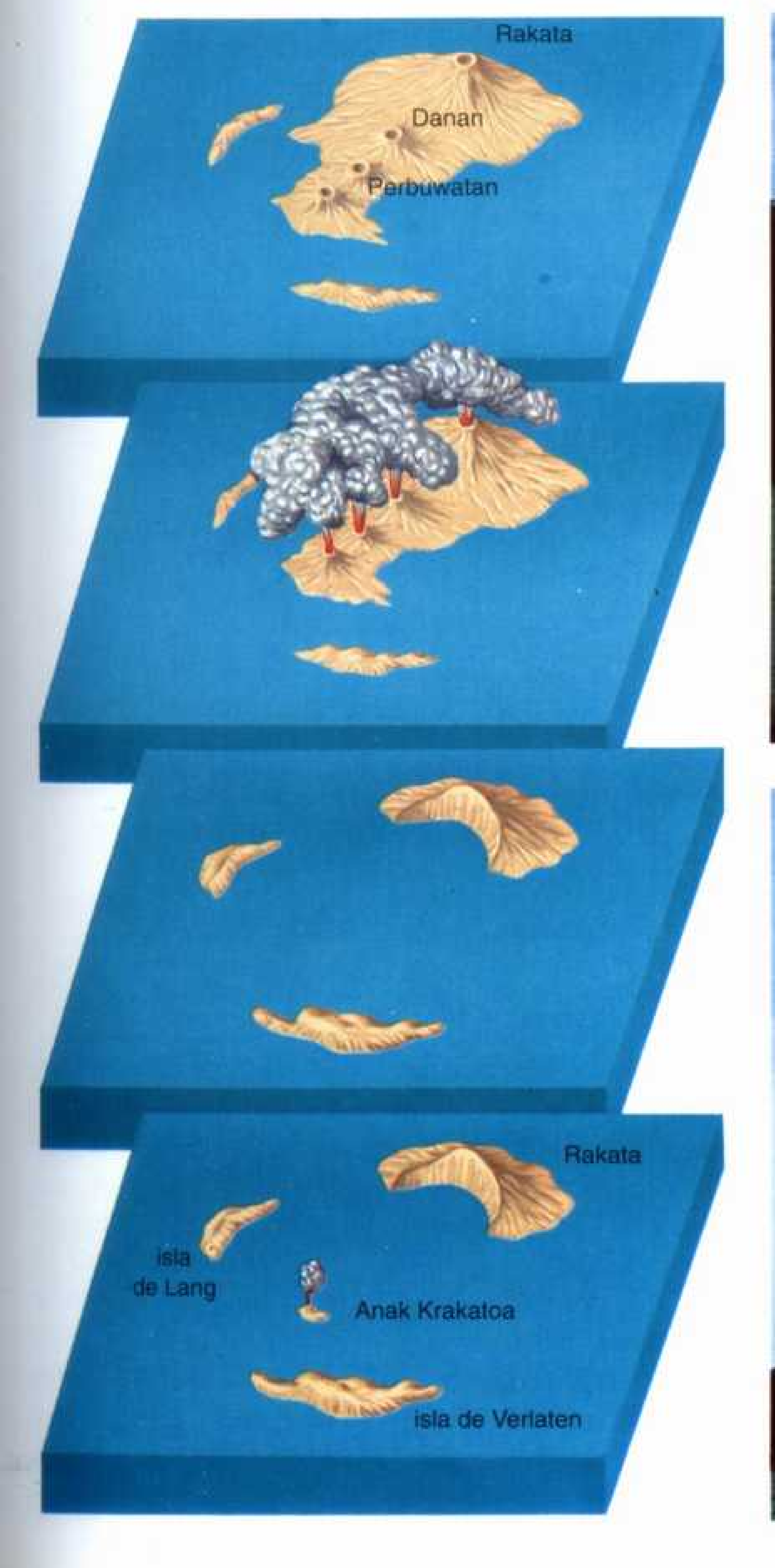








Una comarca volcánica. *El arco insular que abarca de Sumatra hasta las Molucas es asiento de una intensa y permanente actividad plutónica. Los tres esquemas de la izquierda muestran el proceso de la explosión del Toba, en Sumatra, hace 75.000 años. Bajo la presión de los gases retenidos por una lava muy viscosa, todo el cono volcánico se volatilizó en la atmósfera. En el sitio quedó un amplio espacio redondeado, que los vulcanólogos llaman caldera, ocupado hoy en parte por un lago. Los volcanes de Indonesia son peligrosos no sólo por sus explosiones, sino también por las coladas de lodos hirvientes. Arriba, la erupción del Merapi, en Java, en 1865, según un artista local.*







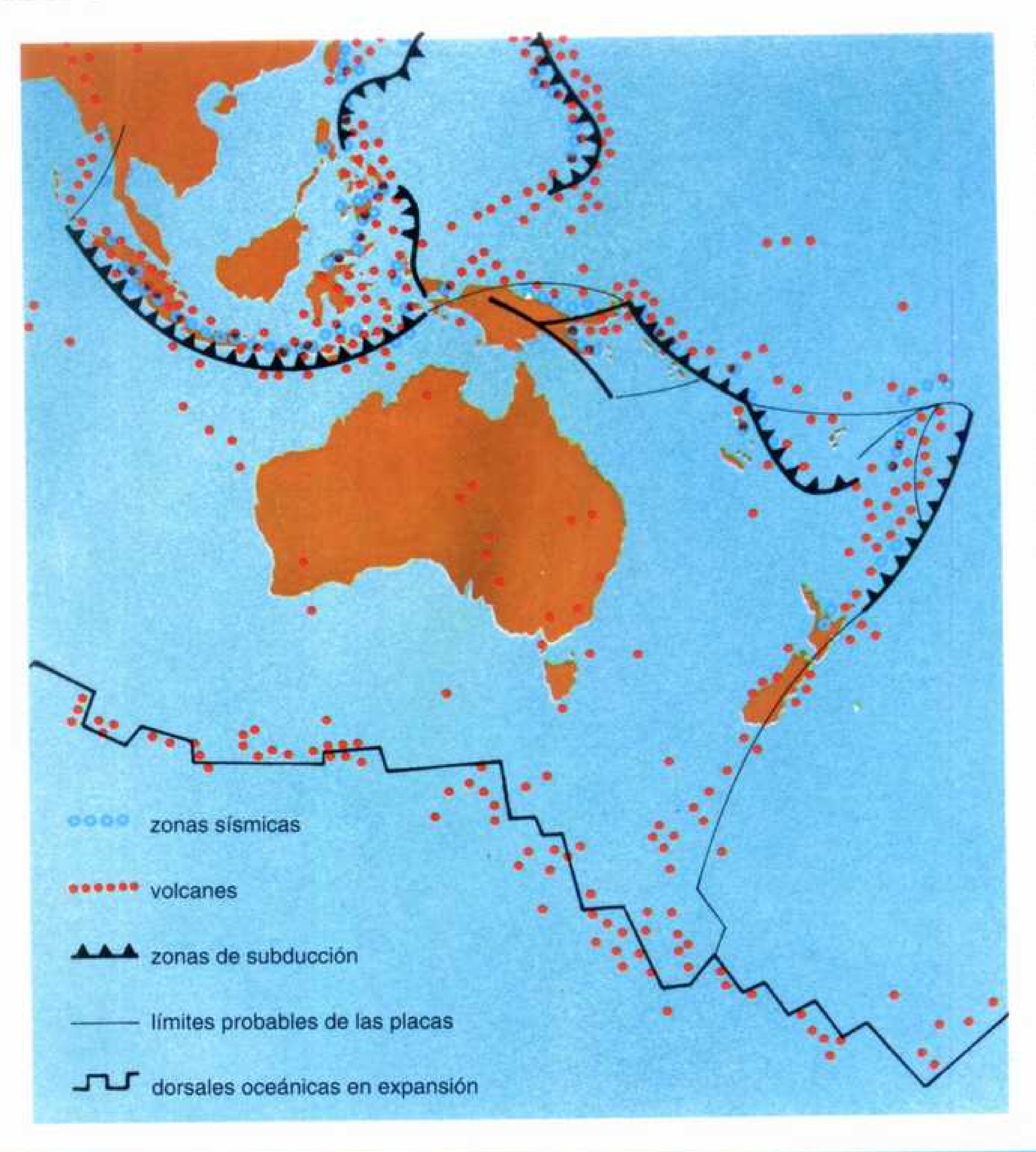
La terrorífica explosión del Krakatoa. *En 1883, la isla de Krakatoa, entre Java y Sumatra, fue escenario de un cataclismo formidable. Casi totalmente destruida por la explosión de su volcán, la potencia de la deflagración fue el equivalente a la de varias decenas de bombas atómicas. La explosión, debida a la acumulación de gases eruptivos bajo una cápsula de lava muy viscosa, abrió una amplia caldera en el mar, dando lugar a un* tsumani *que alcanzó los 40 metros de altura, mató a 36.000 personas, produjo víctimas hasta en Japón y se sintió en el cabo de Hornos. El penacho de polvo originado por la explosión subió hasta la estratosfera y dio varias veces la vuelta al mundo, posándose repartido por toda la Tierra. En 1927 empezó otro ciclo eruptivo (en las tres fotografías).*

Un mar de volcanes

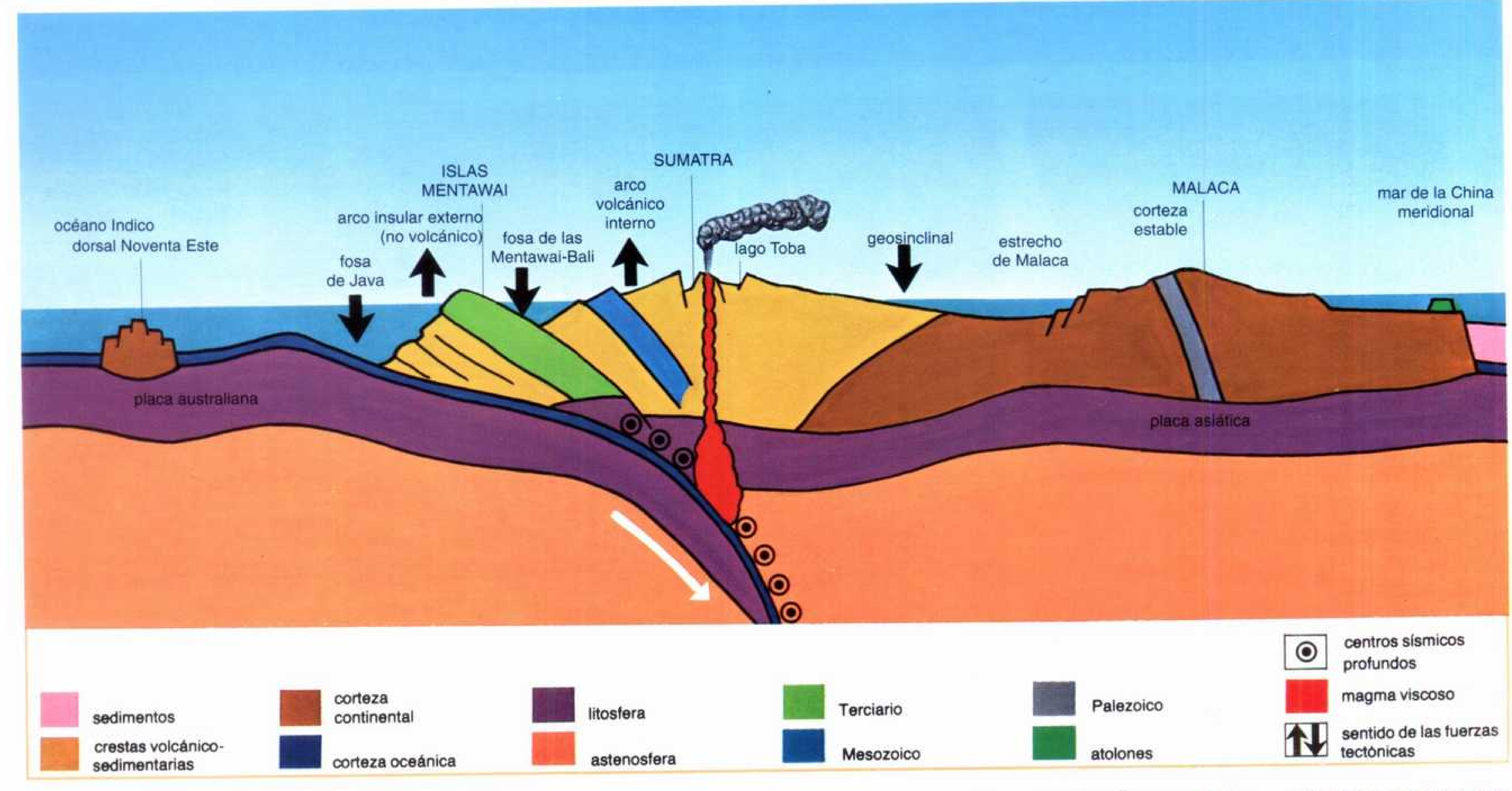
Según las más plausibles hipótesis geofísicas actuales, las Indias Orientales están situadas en la encrucijada de tres grandes placas tectónicas: la de Australia, la del Pacífico y la de Asia. Estas grandes unidades se encuentran, por lo demás, divididas en conjuntos de menor tamaño, que intervienen de diferentes modos. Así, la punta meridional de la placa de las Filipinas se introduce bajo la placa australiana en la región de la isla de Halmahera. Toda la zona está sometida a intensas fuerzas tectónicas, lo que la hace muy inestable. Si quisiéramos resumir el campo de fuerzas que allí colisionan, podríamos decir que el gran haz orogénico alpino-himalayo (que va del Oeste al Este) choca de frente con el arco circumpacífico (Norte-Sur).

La totalidad del sistema insular local, desde Sumatra hasta las Molucas, forma una región de activas colisiones entre las placas. La placa australiana se introduce a este nivel bajo la placa asiática, originando las profunda fosa de Java. Naturalmente, a la comarca la caracteriza una intensa actividad sísmica. Y, casi por doquier, el vulcanismo es aquí de naturaleza insular, debiéndose al hundimiento de la placa australiana. La lava que escapa de los cráteres es ácida y viscosa y da lugar a procesos explosivos cataclísmicos (Toba, Tambora, Krakatoa).

Otra zona de subducción la constituye la parte oriental del archipiélago de las Filipinas. En ella, la placa tectónica del Pacífico se hunde bajo la de las Filipinas, formando una de las más profundas fosas del mundo entero: ¡10.450 metros! El

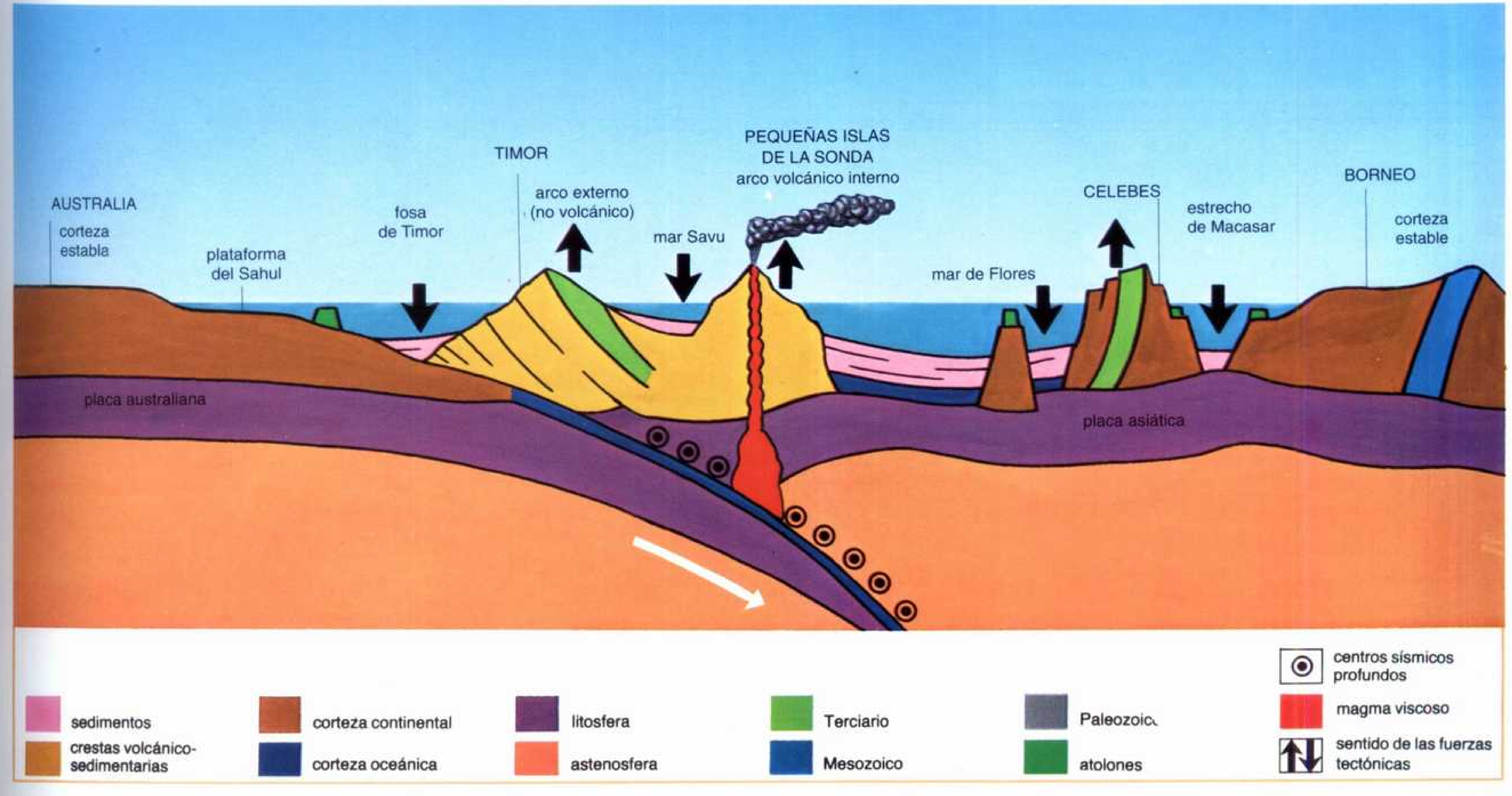


Placas y zonas sísmicas. *Para los geofísicos, uno de los puntos más interesantes de la corteza terrestre es el «punto triple» de las Molucas. En este lugar del archipiélago de la Sonda confluyen tres de las mayores placas tectónicas del globo: la de Asia, la de Australia y la del Pacífico (mapa de al lado). La ascensión del magma a nivel de la dorsal medio - oceánica del océano Indico y del Pacífico empuja a Australia hacia el Norte, donde choca con la placa asiática. La placa pacífica, por su parte, empuja hacia el Oeste y colisiona con la placa asiática.*



La colisión entre dos placas. *Los dibujos de esta página (arriba) y de la siguiente representan dos cortes (del Sudoeste al Nordeste y del Sudeste al Noroeste) de la zona de colisión entre las placas tectónicas australiana y asiática. Se advierte en ello cómo la placa australiana se introduce bajo la placa asiática originando las fosas de Java y de Timor y provocando la aparición de los volcanes eruptivos de la comarca. Se comprende también cómo se constituye el relieve local y la razón por la que en esta zona se producen con tanta frecuencia, y tan lamentables resultados, los seísmos. La fotografía desde satélite de la página siguiente muestra algunos islotes volcánicos cerca de Timor, en el cinturón interior de la Sonda.*





conjunto del archipiélago, por lo demás, constituye un auténtico «polvorín» sísmico. Entre las zonas de fracturas Norte-Sur y los sistemas Este-Oeste se establecen complejas interacciones.

Incluso en las partes relativamente tranquilas de las Indias Orientales, la actividad tectónica apenas se apacigua. En Timor, por ejemplo, una barrera coralina de la época del Pleistoceno, que se encontraba sumergida hace 125.000 años, hoy se halla a 1.000 metros de altitud. La tierra en Timor se eleva gradual pero constantemente. La cercana isla de Wetar lo hace aparentemente por sucesivos empujes, como lo atestiguan antiguas terrazas marinas escalonadas. En la extremidad occidental de Timor existe una pequeña isla constituida por un único volcán de lodo.

El archipiélago de las Molucas es un «punto triple»: en él convergen las tres grandes placas de la región. Los trastrocamientos tectónicos son aquí incesantes. Y afectan por igual a la zona muy cercana al promontorio occidental de Nueva Guinea. Se pueden observar sedimentos antiguos (por ejemplo, del Jurásico) retorcidos como una toalla que se enjuga, o capas sedimentarias que han experimentado una brutal rotación de 180 grados, lo que es buena prueba de la potencia de las manifestaciones geológicas...

Las costas de la Indias Orientales

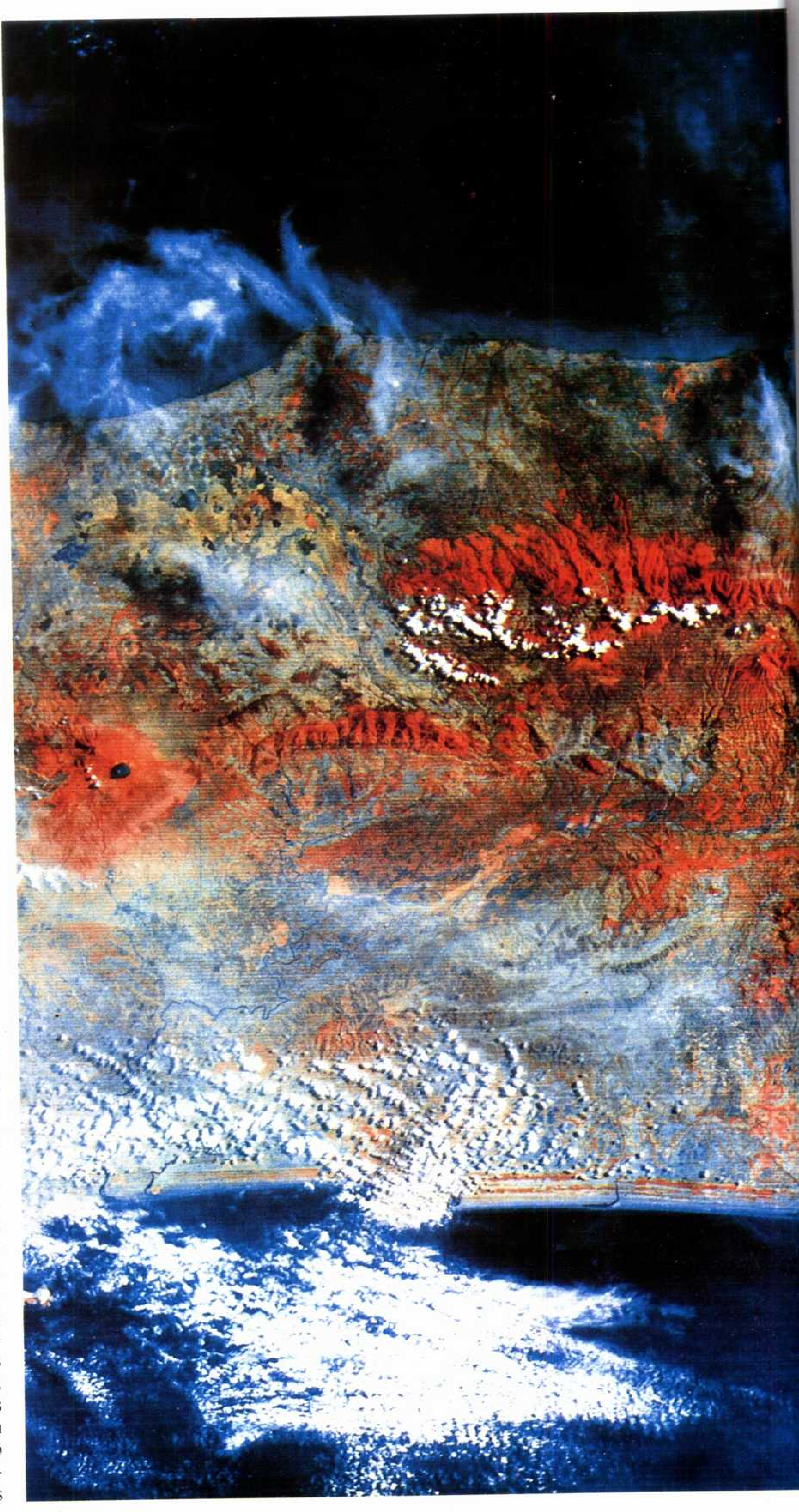
Aunque se cuentan entre las más variadas del mundo, estas costas se pueden clasificar en algunas grandes categorías.

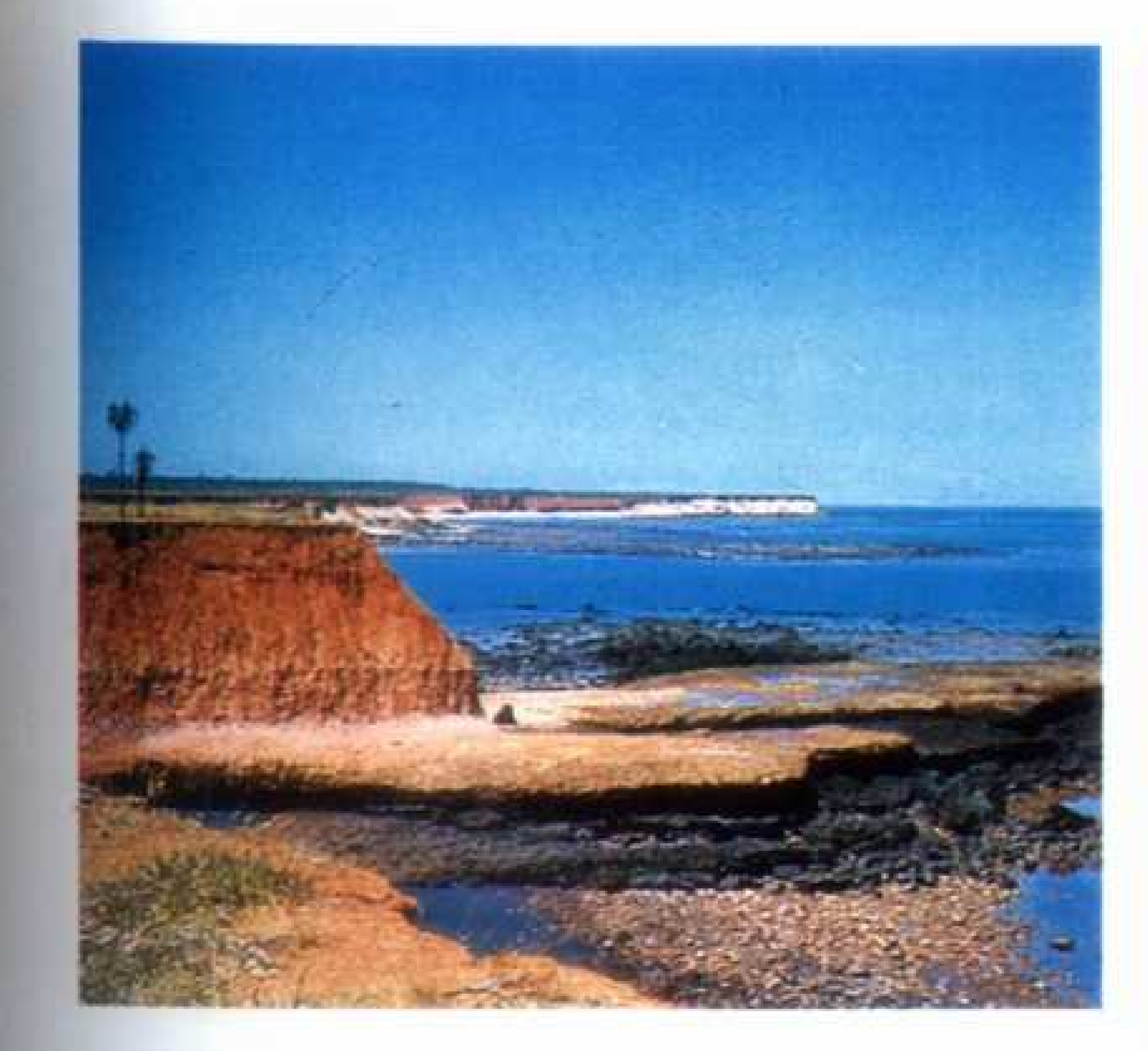
Las más extrañas son indiscutiblemente las costas bajas de Sumatra, Borneo y de Nueva Guinea: las desembocaduras imprecisas de los ríos y las ciénagas litorales dan lugar a vastos manglares, donde la vegetación típica —los mangles— ofrecen sus frutos colgantes, mientras por entre la maraña de sus raíces aéreas se deslizan sigilosos los cocodrilos porosos y se descuelgan los curiosos monos narigudos.

Las islas volcánicas presentan costas abruptas y rocosas que caen a veces casi a pico sobre el mar (tal es el caso, en especial, de los bordes de las calderas, es decir, de las cuencas de hundimiento remanentes tras la explosión de los conos eruptivos).

En numerosos lugares, el coral ha sentado sus reales en costas y bajíos. Las Indias Orientales se cuentan entre las zonas en que más abundan los arrecifes, alcanzando en ocasiones dimensiones colosales. El mayor de todos, la Gran Barrera australiana, pertenece al océano Pacífico (une a Nueva Guinea con el continente australiano). Sin embargo, las barreras coralinas del archipiélago están situadas más en su periferia que en el centro; constituyen una excepción los arrecifes del estrecho de Macasar, del sudeste de Borneo y del sudoeste de las Célebes. En cambio, los corales a duras penas logran implantarse entre los territorios de Sumatra, de Borneo y de Java, pues los cursos fluviales vierten grandes cantidades de agua dulce y de partículas terrosas. Y ya se sabe que los pólipos requieren para establecerse aguas muy claras (viven, en efecto, en simbiosis con unas algas verdes microscópicas llamadas zooxantelas) y fondos con una salinidad constante.

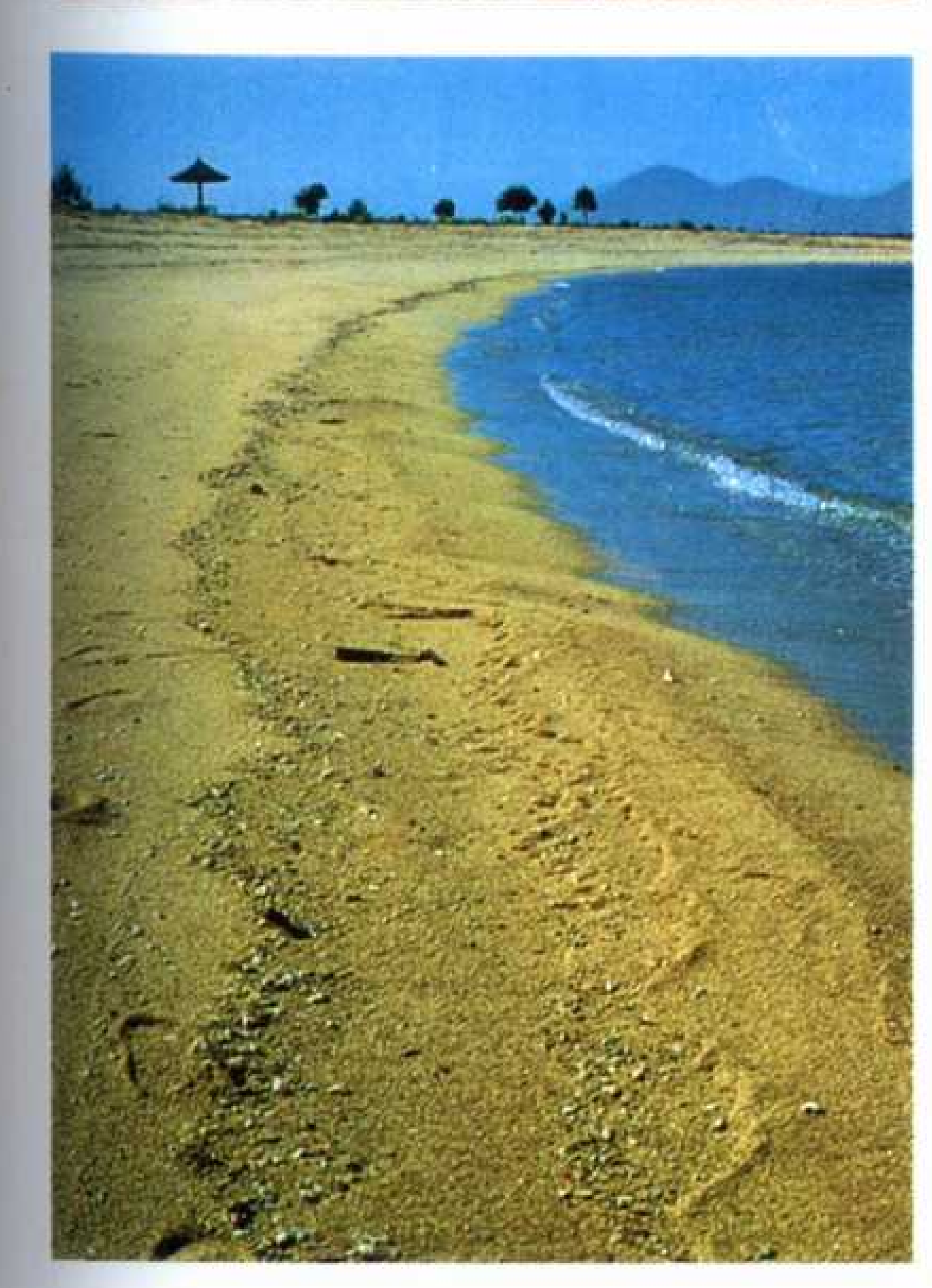
En cuanto a la población establecida en las islas de las Indias Orientales es muy heterogénea y numerosa (Indonesia ocupa —después de China, la India, la Unión Soviética y Estados Unidos— el quinto lugar del mundo por número de habitantes). Esta heterogeneidad se refiere tanto a la permanencia étnica cuanto a la cultura y la religión. Evidentemente, hay todo un mundo de por medio entre las tribus de la Edad de Piedra del centro de Borneo (como los dayaks, considerados hasta hace poco como antropófagos, y que viven en las «largas casas» tradicionales de la región; o como los punans, más primitivos todavía) y las clases acomodadas de Yakarta, inmersas en la edad del petróleo y de los componentes electrónicos. La población la constituyen esencialmente malayos, pero a su lado perviven importantes minorías nacionales, como la de los chinos. También las

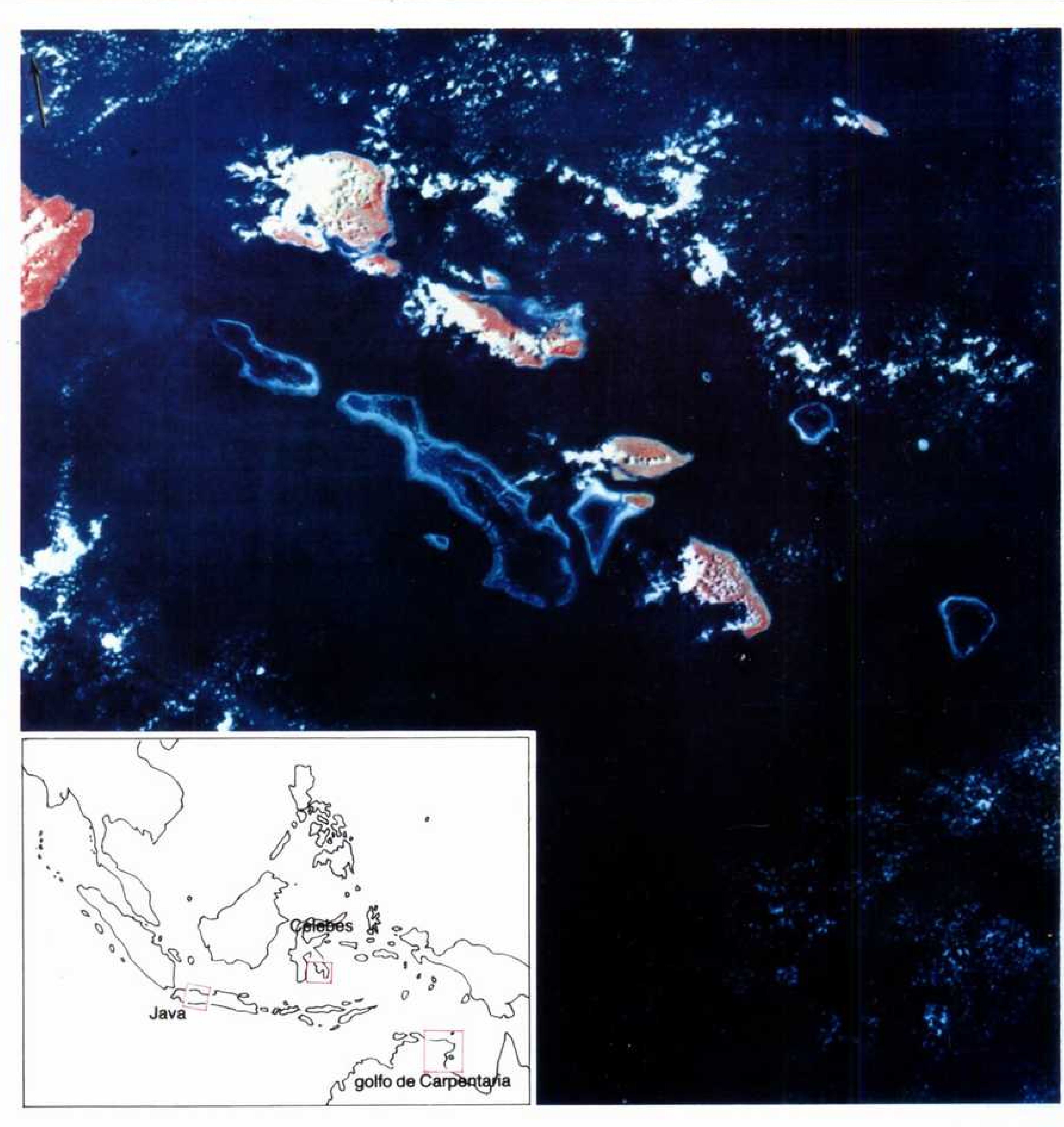


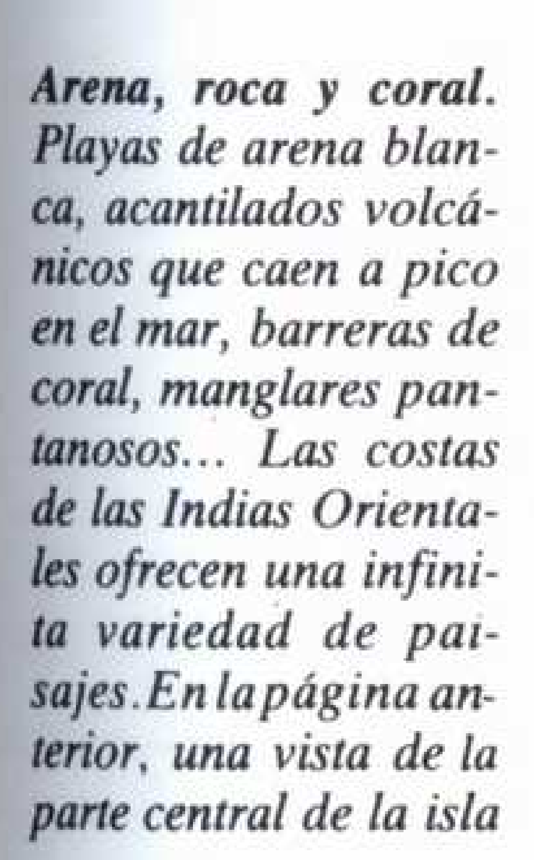












Arena, roca y coral. *Playas de arena blanca, acantilados volcánicos que caen a pico en el mar, barreras de coral, manglares pantanosos... Las costas de las Indias Orientales ofrecen una infinita variedad de paisajes. En la página anterior, una vista de la parte central de la isla de Java, tomada desde satélite. Aquí, de arriba a abajo: dos vistas de las costas de Bali y una playa de la isla de Bathurst. A la derecha, arriba: una porción del golfo de Carpentaria, vista desde satélite. A la derecha, abajo: islas y atolones coralinos en el mar de Banda.*

religiones son muy diversas: el islam ha logrado indiscutiblemente afirmar su penetración, pero el budismo está también vigente, mientras que el catolicismo es la religión oficial de las Filipinas. En cuanto a los conflictos políticos, cobran a veces tal virulencia que conducen a sangrientas guerras civiles.


En las islas volcánicas, la tierra está llena de asechanzas. El fuego de sus entrañas puede sembrar muerte y desolación en pocos segundos. Pero también es fértil: los arrozales en bancales producen hasta tres cosechas al año.

También el mar sabe mostrarse generoso. Los pueblos de las Indias Orientales han sabido mantener y adaptar sus tradiciones comerciales al mundo moderno. La pesca da buenos resultados en la mayoría de las cuencas de la región. Los bajaus pueden simbolizar bastante bien esta alianza del hombre con el elemento líquido. Este pueblo vive en las costas del mar de Sulú como auténticos nómadas del mar. La barca es su casa. En ciertos asentamientos se reúnen en poblaciones de barcos, y en ocasiones construyen sus habitaciones sobre pilotes, a manera de palafitos. Pero la mayor parte del año se la pasan bogando en sus piraguas de balancín, en las que persiguen a los bancos de peces de los que se nutren. Y las perlas y peces que pescan los intercambian por los bienes que necesitan y que no saben todavía fabricar.

Vivir del mar. *La tierra volcánica de las islas de la Sonda es generosa, pero los nativos viven también en gran medida de las riquezas del mar circundante. Aquí, al lado: dos indígenas de la isla de Komodo salen a cazar el famoso varano gigante con un perro como cebo. Abajo, a la izquierda: piraguas de balancín en una playa de Timor. Abajo, a la derecha: cabañas de pescadores en la costa de Timor.*







El océano Atlántico

Al descubrimiento de la inmensidad

EL Atlántico es el océano primeramente conocido desde el punto de vista geográfico, y el mejor explorado en nuestros días, tanto desde el punto de vista oceanográfico como geológico. Por ser adyacente al Mediterráneo, los marinos lo surcaron muy pronto. Y ya sabemos que fue en este mar donde el arte de navegar dio sus primeros pasos, gracias, especialmente, a los fenicios. A raíz de los grandes descubrimientos, fue el primero que se cartografió, se conquistó y «civilizó». En él empezaron, igualmente, las primeras investigaciones oceanográficas de la era moderna.



Apenas hace tres millones de años que se separó del Pacífico: fue en esas fechas, en efecto, cuando se cerró el istmo de Panamá, uniéndose América del Norte y América del Sur. En relación con los otros dos grandes océanos, el Atlántico presenta un cierto número de características originales. Así, llega, a todo lo largo, de uno a otro océano Glacial; razón por la cual presenta todos los climas de la Tierra. Las zonas tropicales y subtropicales no dan lugar a la formación de grandes comunidades coralinas (excepto las del mar Caribe). Por lo demás, recibe enormes cantidades de agua dulce procedente tanto de los glaciares del Artico y del Antártico como de algunos de los mayores ríos del mundo (San Lorenzo, Amazonas, Congo, etc.).

Dejando a un lado ciertas hipótesis aventuradas, según las cuales los egipcios y los hebreos habrían atravesado el Atlántico mucho antes del nacimiento de Cristo, está comprobado que los primeros europeos que llegaron al continente americano fueron los cazadores de ballenas vascos y los vikingos. Estos últimos, tras colonizar Islandia y Groenlandia, llegaron hasta Vinlandia (Terranova y el Labrador) en torno al año 1000, capitaneados por Leif Ericsson, hijo de Eric el Rojo. Naturalmente, el auténtico descubrimiento de América, que desencadenaría la formidable epopeya de los conquistadores, fue obra de Cristóbal Colón, en 1492. A partir de entonces, las exploraciones se sucederían a ritmo vertiginoso. Vasco de Gama dobló el cabo de las Tormentas (llamado posteriormente cabo de Buena Esperanza) en 1498. Magallanes pasó el estrecho que lleva su nombre en 1520. Drake, a su vez, dobló el cabo de Hornos en 1598. Jacques Cartier remontó el San Lorenzo. Españoles y portugueses iniciaron de inmediato la colonización de América Latina, haciendo lo propio ingleses y franceses con Norteamérica. Poco a poco se precisaron los confines del Atlántico, al socaire de las expediciones organizadas para encontrar los pasos del Nordeste y del Noroeste. Ya en 1500, los marinos llegaban hasta Terranova para pescar el bacalao, mientras contigentes de balleneros surcaban el océano al acecho del surtidor revelador y del grito alborozado: «¡Sopla!».

El Atlántico empezó a ser surcado progresivamente por buques repletos de emigrantes al Nuevo Mundo, con destino

a América del Norte y a la del Sur. Quedaron establecidos los itinerarios comerciales. Los veleros, tras repetir una y otra vez la ruta de Cristóbal Colón (es decir, el camino de los alisios para arribar a América; y el recorrido del Gulf Stream para regresar), comenzaron a inaugurar vías más directas. Cuando el vapor suplantó a la vela, se abrieron nuevas rutas. El tráfico marítimo en el Atlántico culminó, a mediados del siglo XIX, con aquellas suntuosas ciudades flotantes que eran los gigantescos paquebotes transatlánticos —el *Titanic,* de tan trágico destino, el *Queen Mary,* el *Normadie,* etc.—. Hoy día, tras el desguace del *France,* el tráfico de pasajeros se efectúa primordialmente por avión. Pero todavía se siguen transportando millones de toneladas de mercancías por vía marítima de una a otra orilla del Atlántico, principalmente petróleo y bienes de equipo. La importancia económica y comercial del Atlántico ha sido tenida en cuenta siempre por las grandes potencias, países que desde temprano hicieron de este océano un objetivo estratégico prioritario. Filibusteros y corsarios franceses e ingleses intentaron siempre entrar a saco en los navíos de la «flota del oro» española. Más tarde, Francia e Inglaterra libraron en el Atlántico Norte una gran batalla por la supremacía de estos mares, resolviéndose la disputa con el triunfo británico.
En la actualidad, el Atlántico es surcado por las flotas más numerosas y mejor armadas del mundo. En él se encuentran, por ejemplo, la mayoría de los submarinos nucleares portadores de misiles.

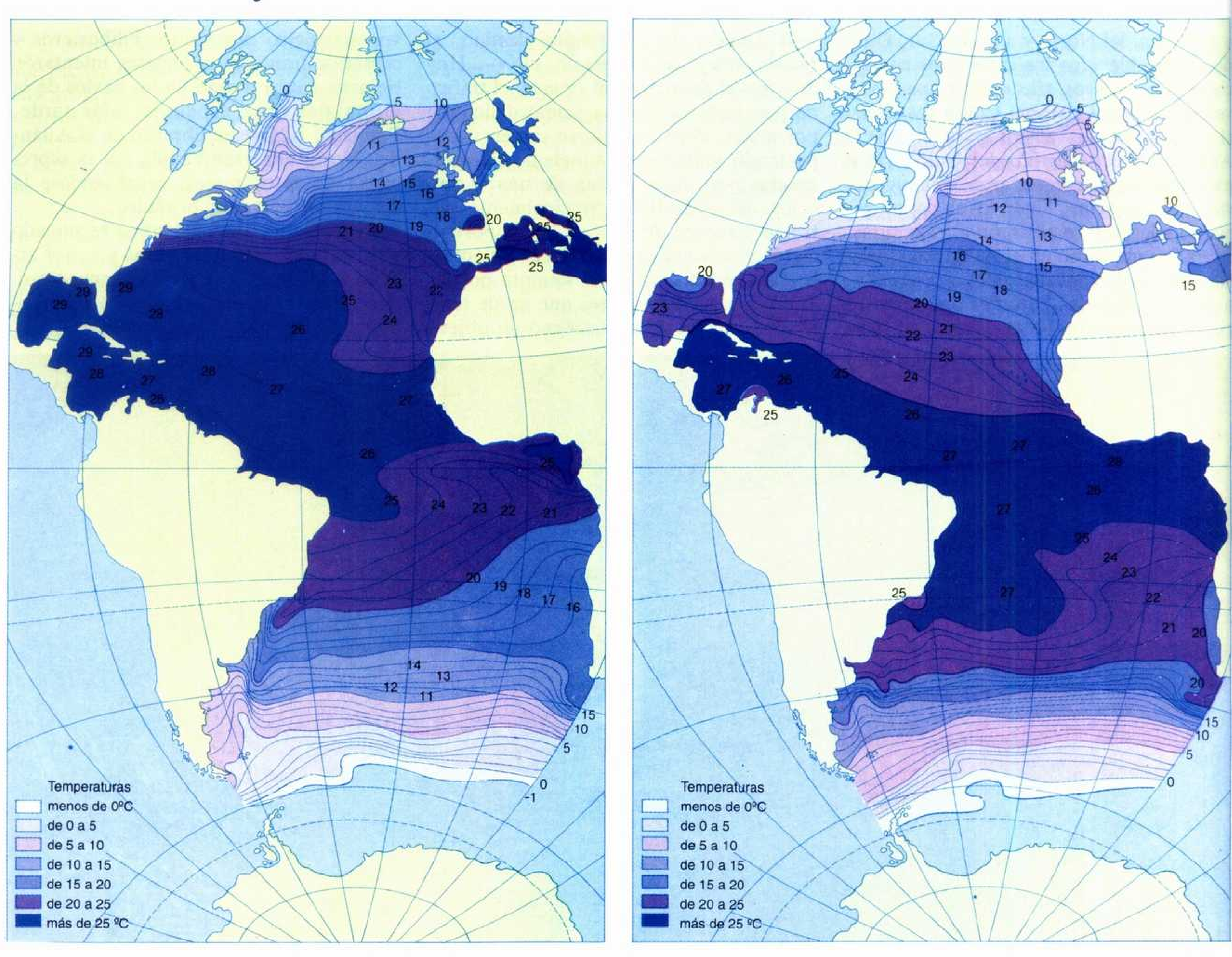






Allende las Columnas de Hércules. *Para los antiguos pueblos mediterráneos constituía un misterio todo cuanto se encontraba más allá de las Columnas de Hércules (el estrecho de Gibraltar). Los primeros europeos que llegaron a América fueron los vascos y, a principios del siglo* XI, *los vikingos, que zarparon de Islandia para descubrir Groenlandia, Terranova y el Labrador (en la página anterior: mapa de los itinerarios vikingos y reconstrucción de uno de sus* drakkars). *El mismo Cristóbal Colón, al embarcarse en 1492 para emprender su histórico viaje, tenía intención de llegar a Cathay (China). Sólo a principios del siglo* XVI, *como atestigua el planisferio de arriba (dibujado en 1507), se comenzó a tener una idea más exacta del Nuevo Mundo. El Atlántico se convirtió a continuación (y lo sigue siendo) en el océano estratégico por excelencia.*

Fronteras y cuencas



SIEMPRE hay algo de artificial en querer definir los límites exactos de las cuencas oceánicas: por naturaleza, el elemento líquido se resiste a dejarse contener fácilmente. Incluso si se logra trazar sus fronteras físicas, ello no impide que las masas acuáticas se desplacen incontenibles de uno a otro océano. Hubo un tiempo —como decíamos en páginas anteriores— en que sólo se distinguían tres grandes océanos.

Hoy día, sin embargo, oceanógrafos y geógrafos están de acuerdo en reconocer a los océanos Artico y Antártico una individualidad propia, aunque sus fronteras con el Atlántico son difíciles de establecer. Generalmente, para el Atlántico Norte se admite como límite el paralelo 80, que pasa por las Spitzberg. Al Sur, la frontera está constituida por la Convergencia Antártica, que se encuentra aproximadamente en el grado 55 de latitud meridional.

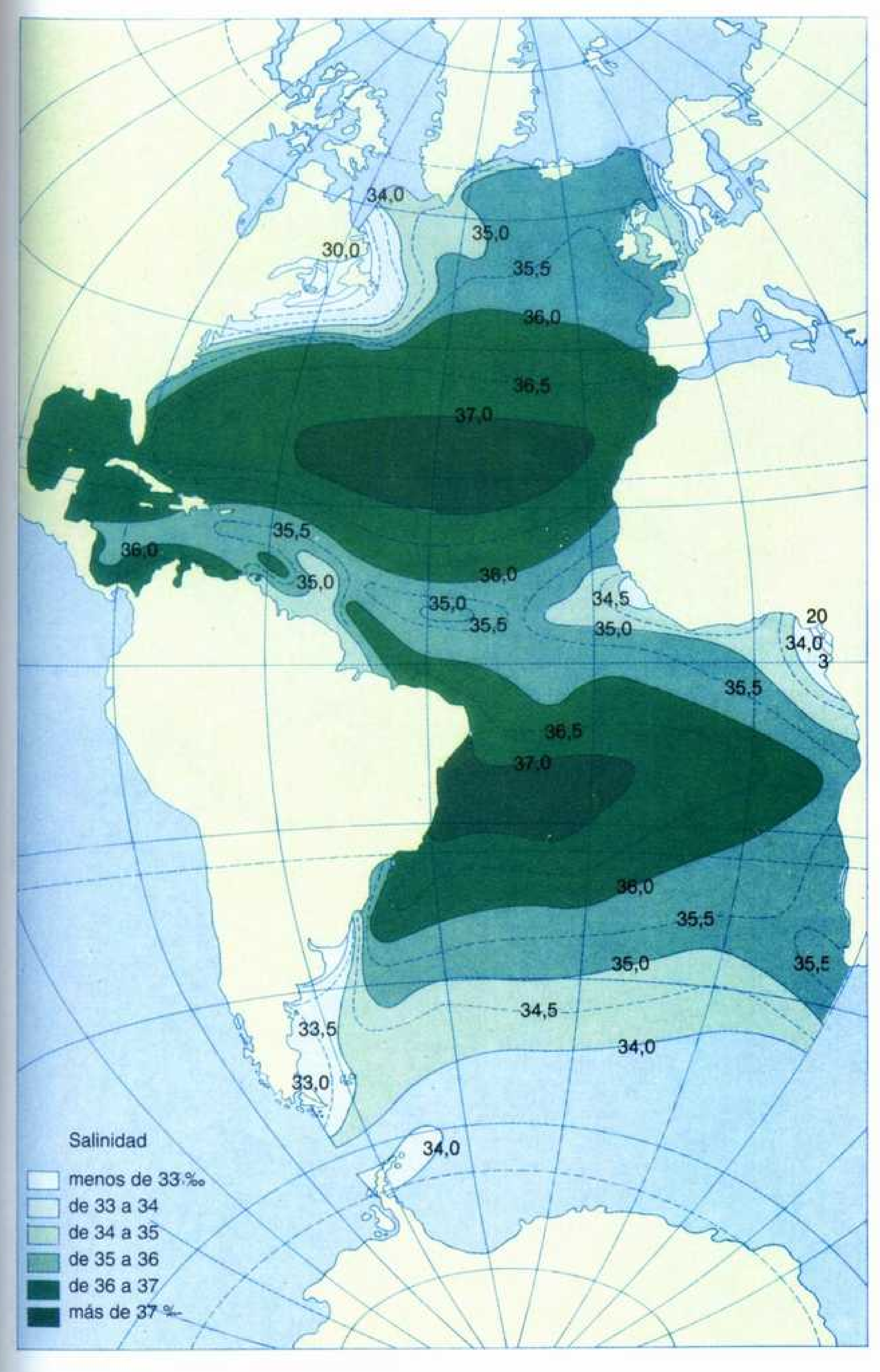
En sentido amplio, la superficie total del Atlántico es de 91,6 millones de kilómetros cuadrados. Si se excluyen las grandes cuencas que de él dependen, pero que están bien individualizadas (Mediterráneo, mar del Norte, mar Báltico, golfo de México, mar Caribe), se tiene una superficie aproximada de 82 millones de kilómetros cuadrados. Es un océano «todo longitud». Mide a lo ancho unos 5.000 kilómetros como promedio, siendo su anchura mayor de 15.000 kilómetros.

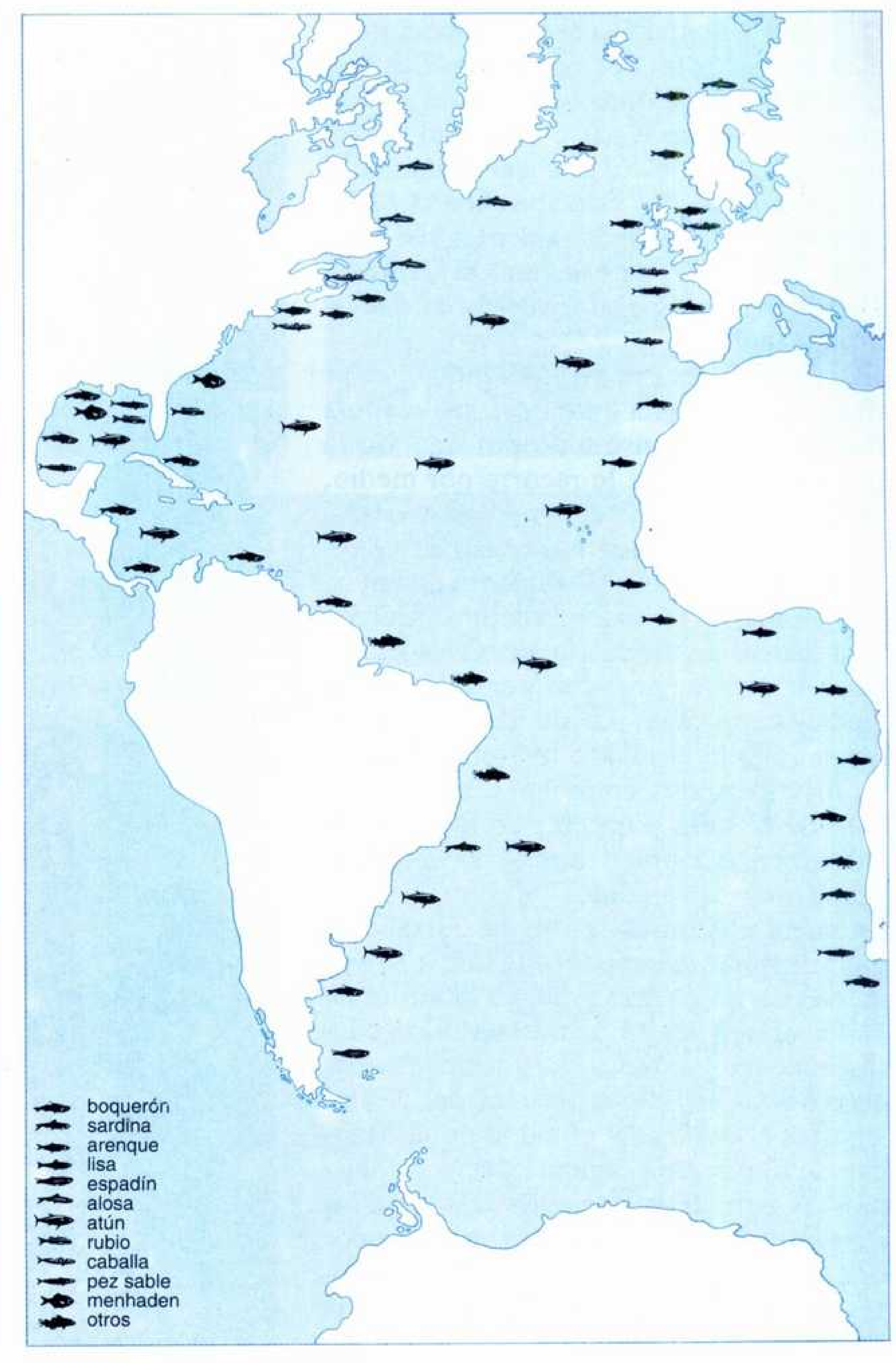
En general, el Atlántico es un océano relativamente poco profundo: tiene 3.868 metros por término medio, en contraposición con los 3.963 metros del océano Indico y los 4.282 del Pacífico. Sus fosas más profundas son las de Puerto Rico (9.219 metros), de las Sandwich del Sur (8.264 metros), del Romanche (7.728 metros) del Caribe (7.680) y de Cabo Verde (7.292 metros).

Si se toman en cuenta sus mares periféricos, este océano recibe una fenomenal cantidad de agua dulce. Gigantescos icebergs sobrenadan en él, procedentes tanto de Groenlandia como de la Antártida. Y los mayores ríos del mundo vierten en él su caudal: el San Lorenzo, el Mississippi-Missouri (en el golfo de México), el Orinoco, el Amazonas, el río de La Plata, el Congo, el Níger, el Nilo (en el Mediterráneo) y todos los ríos de Europa.

Lo paradójico del caso está en que, a pesar de tanta agua dulce, el Atlántico es el más salado de los tres grandes océanos (por término medio, 34,9 por 1.000) y el más caliente (temperatura media de la masa acuática: 3,73 ºC). Esta aparente contradicción se debe a que el Atlántico, como hemos visto, es poco profundo, y a que en sus mares periféricos la evaporación es intensa.

Las aguas del Atlántico Norte se encuentran entre las más abundantes en recursos pesqueros de todo el planeta. Si no estuvieran sobreexplotados, los grandes bancos de Islandia, de Terranova y de la plataforma continental norteamericana serían los más productivos del globo. Por desgracia, los países interesados no se han puesto de acuerdo todavía para preservar este capital biológico: antes al contrario, se ha entablado una feroz competencia por ver quién entra más y mejor a saco en él, batalla de la que las mayores responsables son las flotas pesqueras de la Unión Soviética y del Japón. Menos





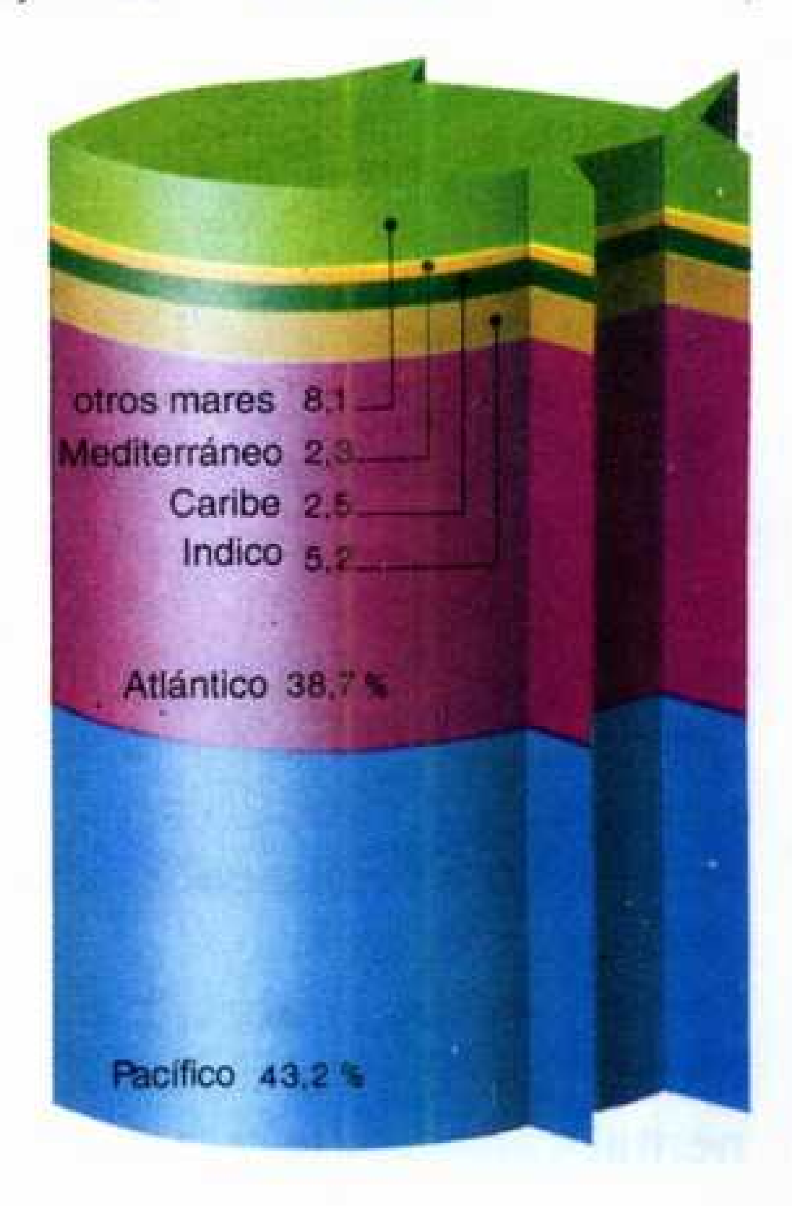
rico, no por eso deja el Atlántico Sur de estar en entredicho. Se ha podido hablar ya de una «guerra de la langosta» en aguas brasileñas, y los argentinos han llegado a disparar contra barcos rusos.

Fue en el Atlántico Norte donde los vascos aprendieron a cazar la ballena atlántica y luego la ballena ártica, «arte» que luego ellos a su vez enseñaron a otros pueblos. En el siglo XIX, los americanos salían desde Nantucket y New Bedford a la caza del cachalote. A partir de 1865, cuando el noruego Sven Foyn inventa el cañón arponero, se declara la guerra sin cuartel a las grandes ballenas azules y a los rorcuales comunes. Hoy día, casi todos los grandes países balleneros por tradición han desarmado las flotas dedicadas específicamente a la caza de la ballena, preocupados por la paulatina desaparición de los últimos grandes cetáceos. Unicamente Japón, la Unión Soviética (sólo estos dos países capturan el 90 por 100 del tonelaje total), Islandia, España, Portugal y Argentina persiguen todavía implacablemente a las ballenas por todo el océano Atlántico.

Temperatura y salinidad. *Los mapas de la página anterior muestran la evolución de las temperaturas de las aguas superficiales del Atlántico entre agosto (a la izquierda) y febrero. La frontera relativamente corta entre el Atlántico y el océano Glacial Artico y la presencia de masas continentales en este sector hacen que la mitad norte del Atlántico sea más cálida por término medio que su mitad sur. La distribución del contenido en sales (mapa superior) está directamente vinculada con la intensidad de la evaporación (y, por tanto con la latitud), con la dirección de las corrientes frías y la presencia de grandes estuarios fluviales.*

El más fecundo de los océanos. *El Atlántico es el océano que más pescado proporciona por unidad de superficie. Durante siglos enteros, el arenque constituyó una de las principales fuentes de proteínas animales de los pueblos de la Europa septentrional. Los arenques emigran en bancos inmensos. Pudiera pensarse que la especie es inagotable: pero se la ha sometido a tal sobreexplotación que corre peligro de desaparecer. En idéntica situación se encuentran el bacalao, el boquerón, etc. Abajo: a la izquierda, bloque-diagrama que muestra los tipos de animales marinos capturados (en miles de toneladas); a la derecha, se hace ver la importancia relativa del tonelaje pescado en los diferentes mares.*





El más conocido de los océanos

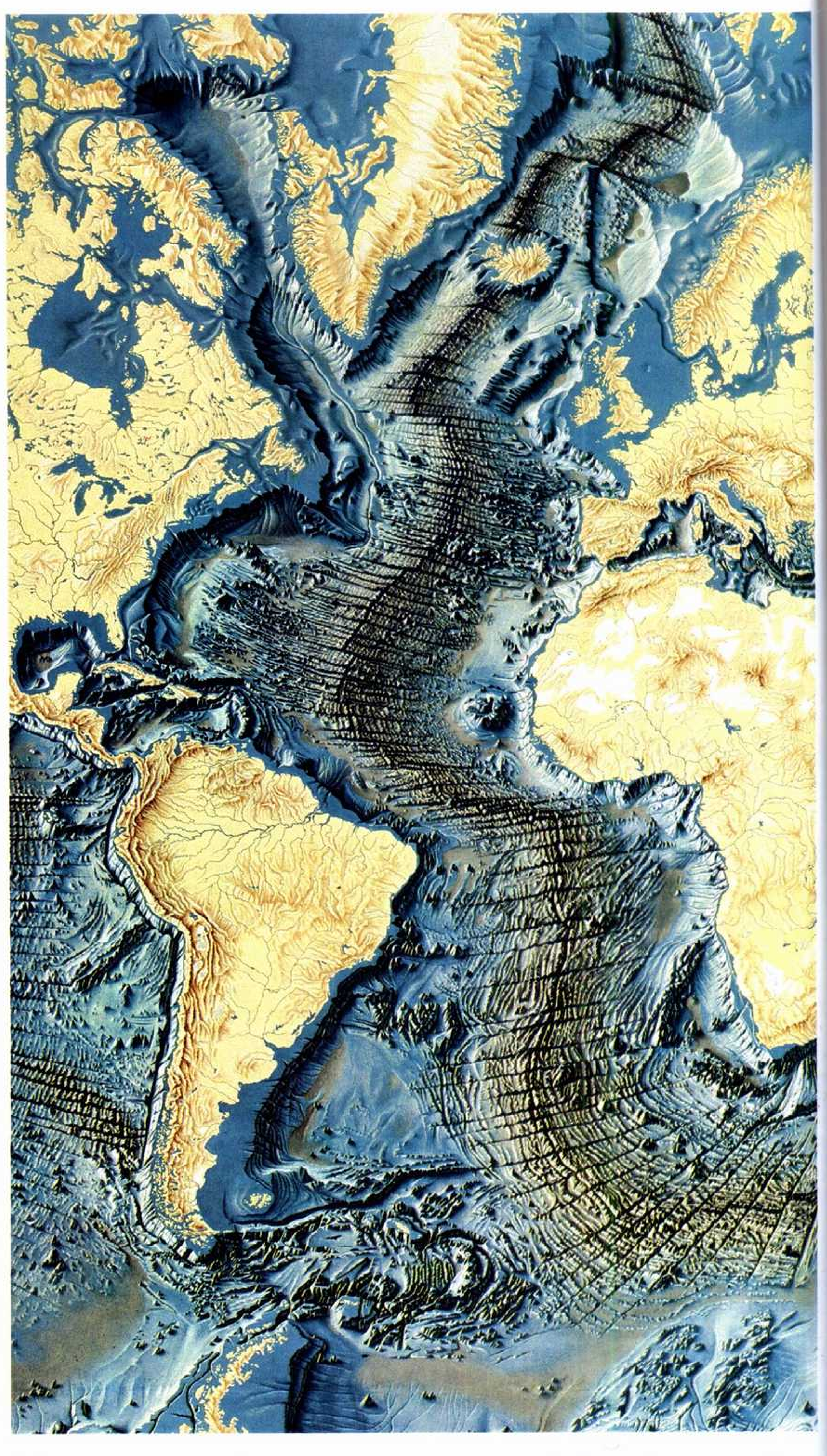
EL del Atlántico es el más conocido de todos los fondos oceánicos. Las más notables expediciones oceanográficas han empezado siempre por explorar el Atlántico: desde la del *Challenger* británico o del *Hirondelle* del príncipe Alberto I de Mónaco hasta las más recientes del *Glomar-Challenger* americano, el *Marion-Dufresne* francés o el *Cornide de Saavedra* español.

El principal relieve del Atlántico —por decirlo de alguna manera, su «espina dorsal»— está constituido por una cresta ininterrumpida que le recorre por medio, de Norte a Sur, y que se llama dorsal medio-atlántica. Así, el océano se ve dividido en dos partes claramente distintas, una oriental y la otra occidental. Merced a la teoría geofísica de la tectónica de placas, hoy se sabe que por esta dorsal medio-oceánica es por donde asciende el magma desde el manto terrestre: los materiales extruidos empujan a uno y otro lado de la falla y hacen que los bloques euroafricano y americano se vayan separando progresivamente.

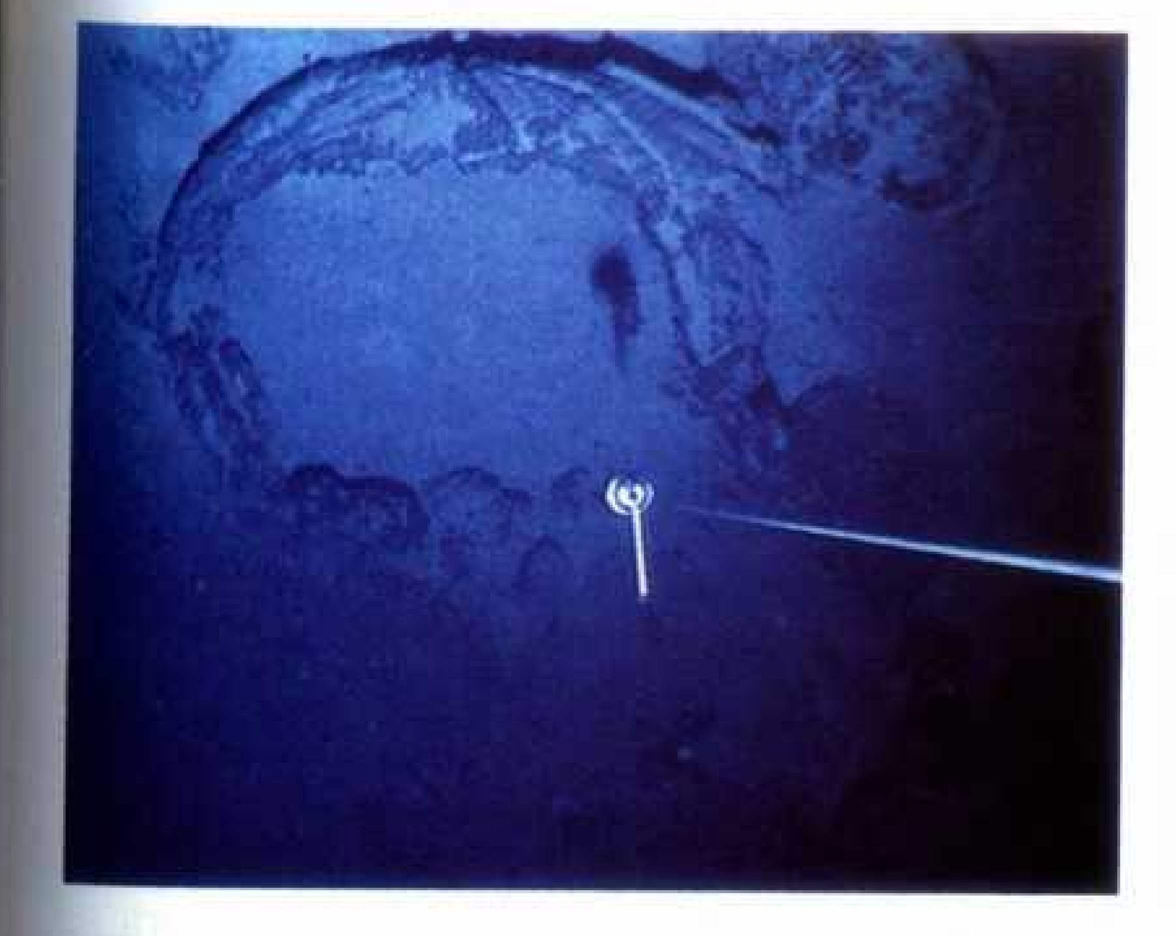
La cuenca europea, entre la dorsal medio-atlántica y Europa, se divide a su vez en dos partes (Norte y Sur) a la altura de la dorsal de Gascuña. Su plataforma continental, muy extensa, que incluye a Escandinavia, el Báltico, el mar del Norte, las islas Británicas y el canal de la Mancha, se hunde bruscamente hacia los abismos. Aparte de la dorsal de Gascuña, los relieves principales están constituidos por el banco de Rockall. Islandia y las Azores, islas volcánicas por excelencia, constituyen las partes emergidas de la dorsal medio-oceánica.

Al sur de la cuenca europea, siempre al este de la gran dorsal, se extiende la dorsal de las Canarias, que está unida a la cuenca de Cabo Verde por una serie de realces bastante profundos; y esta última, a su vez, desemboca en otras dos cuencas desiguales, la de Sierra Leona y la de Guinea (separadas entre sí por la dorsal de Liberia). Al sur del ecuador se encuentra (seguimos todavía en la parte oriental del océano) la extensísima cuenca de Angola, que es atravesada por el cañón submarino del río Congo, y que termina en la dorsal de Walvis. De aquí arranca la cuenca de El Cabo, que recibe los sedimentos del río Orange. Completamente al sur de Africa, en la frontera con el océano Indico, la cuenca de Agulhas (o de Agujas) constituye una zona muy amplia de fallas y bajos.

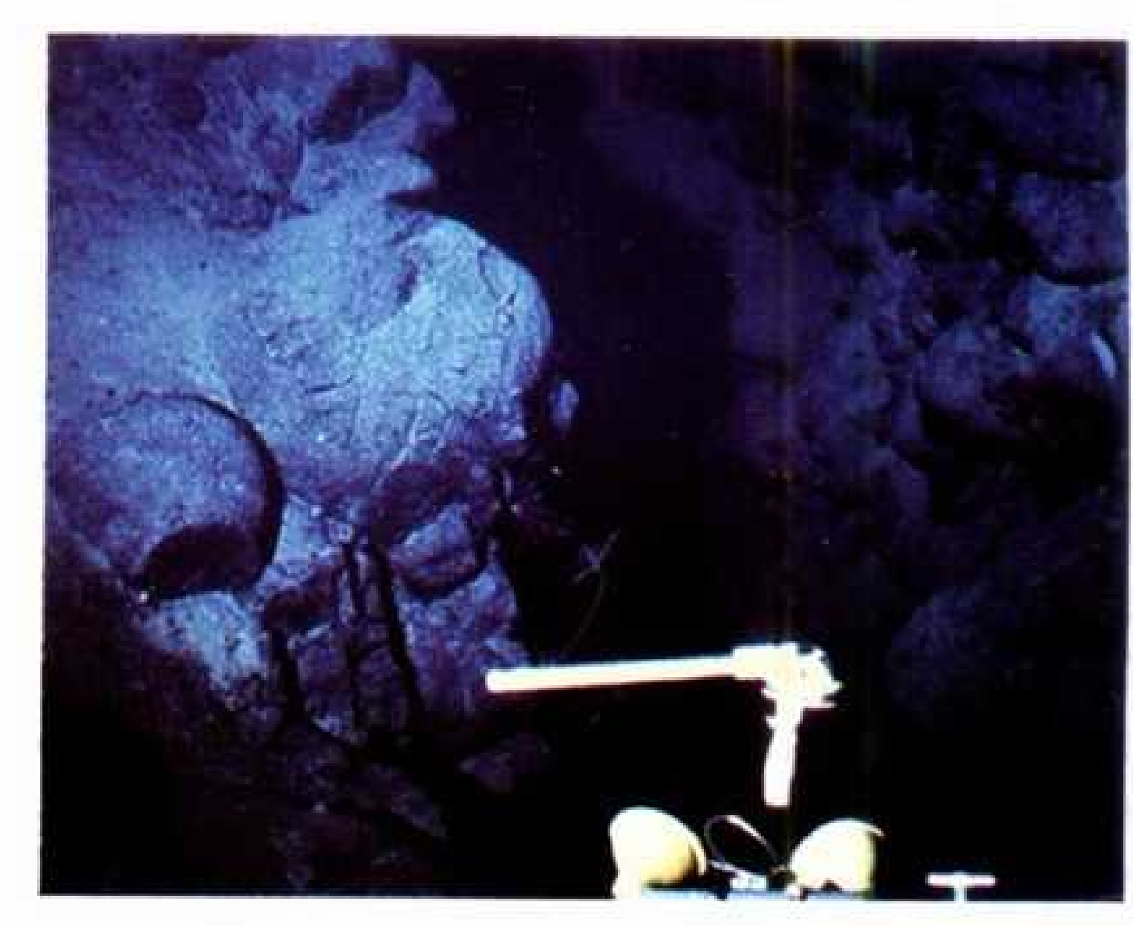
En cuanto a la parte occidental, comenzando nuevamente «por arriba», se observa que Groenlandia emerge entre dos cuencas profundas: la de Groenlandia, al Este, y la del Labrador, al Oeste. Esta última confina con la plataforma continental canadiense y termina en la cuenca



El fondo del Atlántico. *La principal característica de los fondos atlánticos es la larga dorsal que corre por el centro de la cuenca. Este conjunto de montañas submarinas se descubrió en 1873. Inmediatamente, algunos científicos pensaron que debía de tener relación con los desplazamientos de las masas continentales. La lava que surge en el fondo del agua ha sido ya fotografiada repetidas veces, especialmente en los alrededores de las Azores (fotografías de la página siguiente, arriba y en el centro). Los materiales vuelven a sumirse de nuevo en el manto terrestre a nivel de las fosas (abajo, a la derecha).*







de Terranova, que, a su vez, se abre a la cuenca norteamericana. Situada frente a Estados Unidos, ésta es la más extensa de todo el Atlántico. Incluye una serie de dorsales adyacentes (en especial la de las Bermudas) y cuencas secundarias (Sohm, Hatteras, Nares); en su parte meridional es donde se encuentra la fosa más profunda de todo el océano: la de Puerto Rico (9.219 metros).

La cuenca de Guayana recibe los sedimentos que dos ríos colosales arrancan de la cordillera de los Andes: el Orinoco y, sobre todo, el Amazonas, cuyo caudal en período de crecida supera los 100.000 metros cúbicos por segundo.

La cuenca del Brasil está separada de este país por la dorsal de Pará. Al sur de la dorsal del Río Grande comienza la cuenca de Argentina, que linda al Sur con la plataforma de las Malvinas, la dorsal de Georgia del Sur y la fosa de las islas Sandwich del Sur, la segunda en profundidad de todo el océano (8.264 metros).

Sorprende verdaderamente la simetría que presenta el conjunto del Atlántico con relación a su «columna vertebral», la dorsal medio-oceánica. Si se hace un corte transversal, casi en todas partes se encuentran a una y otra parte del relieve axial las mismas unidades morfológicas, con sus planicies, realces y dorsales.



Vientos, corrientes y mareas

En cuanto a la circulación atmosférica sobre el Atlántico, se advierte que resulta también simétrica, pero ahora respecto del ecuador. Tanto al norte como al sur de esta línea, se observan dos principales flujos de vientos: los alisios y los vientos del Oeste.

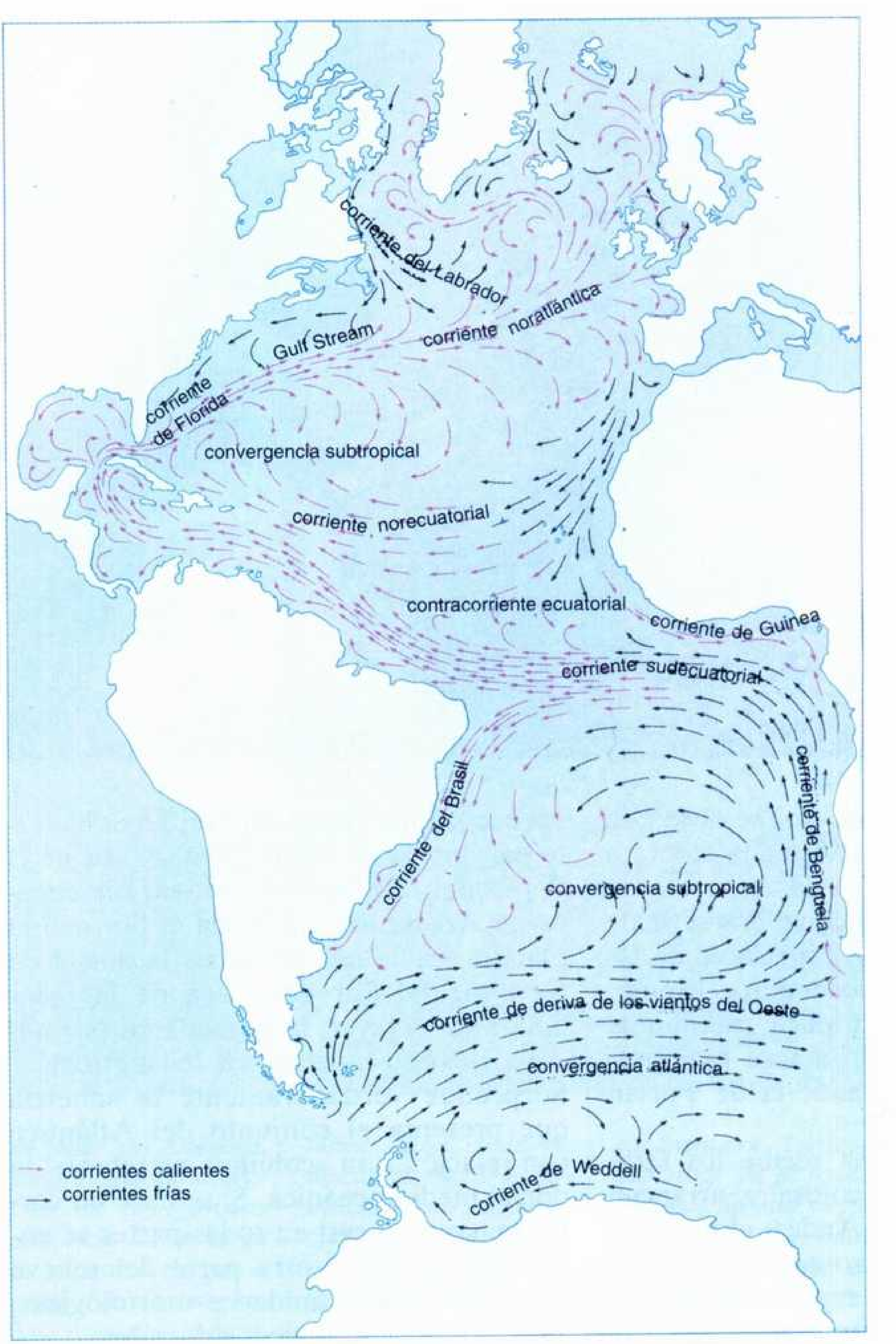
Los alisios soplan del Nordeste hacia el Sudoeste en el hemisferio Norte, y del Sudeste hacia el Noroeste en el hemisferio austral. Entre los alisios y los vientos del Oeste hay una zona de calmas casi constantes, llamada en francés *pot au-noir* (porque cuando se navegaba a vela las embarcaciones se quedaban muchas veces al pairo), y que los ingleses llaman *horse latitude* (ya que los barcos que estaban a la capa de esta región se veían obligados a arrojar por la borda todo peso superfluo, incluidos los caballos); en castellano recibe el nombre de «región de las calmas».

Las masas de aire sobre el Atlántico están sometidas a la acción de la rotación terrestre. La fuerza llamada de Coriolis —que de esta rotación se deriva— las desvía sistemáticamente: las hace girar en sentido contrario a las agujas del reloj al norte del ecuador; y en el sentido de las agujas, al sur. En el centro de cada uno de los vórtices originados por la fuerza de Coriolis en las masas de aire del Atlántico templado, se encuentra una zona de altas presiones atmosféricas: son, en el Atlántico Norte, el anticiclón de las Bermudas y el anticiclón de las Azores, y, para el Atlántico Sur, el anticiclón de Argentina y el anticiclón de Santa Elena.

En el Atlántico se observa una corriente norecuatorial y otra sudecuatorial, que se dirigen de Este a Oeste, por entre las que circula, en sentido inverso, una contracorriente ecuatorial más débil. La corriente sudecuatorial se bifurca al dirigirse hacia la punta oriental de la masa continental del Brasil: hacia el Sur, se convierte en la corriente del Brasil; hacia el Norte, costea la desembocadura del Amazonas (cuyos sedimentos arrastra), Guayana y Venezuela, y penetra en el Caribe. Aquí, entre las Antillas meridionales, se mezcla con la corriente norecuatorial. La corriente principal que de ello se origina, o corriente del Caribe, pasa al golfo de México por entre Cuba y la península de Yucatán. Aquí se arremolina y cobra potencia antes de avanzar hacia el Este a través de los estrechos de Florida. Se convierte, así, en el Gulf Stream, o corriente del Golfo, uno de los más poderosos «ríos» marinos del globo. En los estrechos más angostos por los que pasa llega a alcanzar cinco nudos de velocidad. Cuando sale de las bocas de Florida, es reforzada por un abundante afluente, la corriente Norte de las Antillas.

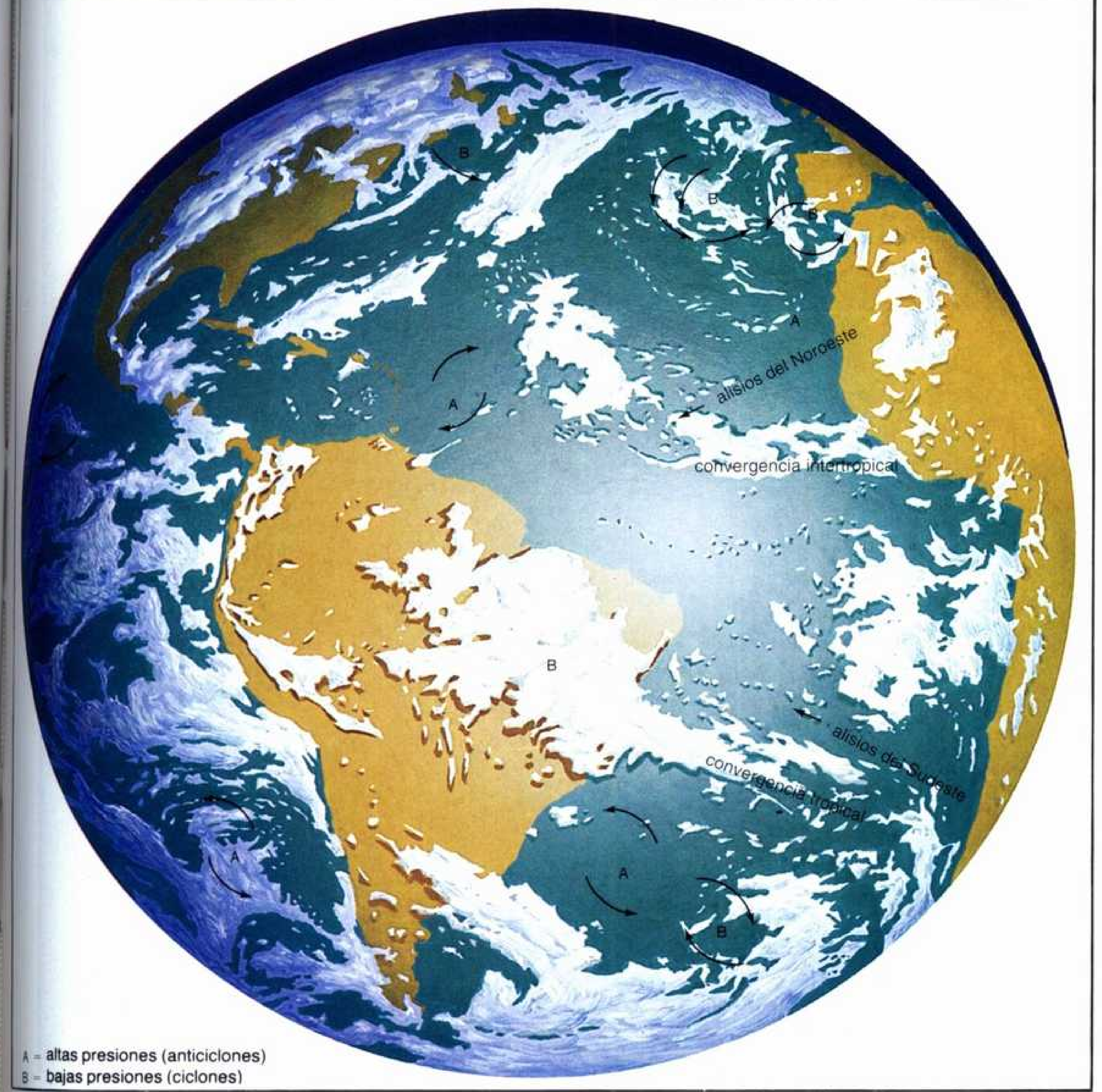
En su primera parte se estrecha (100 kilómetros); el río se desliza literalmente en el mar sobre el zócalo en pendiente de la plataforma continental de Florida, a 3,6 nudos de velocidad. Su caudal es del orden de los 26 millones de metros cúbicos por segundo (recordemos que el Amazonas en crecida aporta solamente 100.000 durante la misma unidad de tiempo). Al norte de cabo Hatteras, la potencia del flujo aumenta todavía más, alcanzando el caudal la sorprendente cifra de 82 millones de metros cúbicos por segundo. Dejando atrás el cabo Hatteras, el Gulf Stream choca con la corriente fría del Labrador que, procedente del Norte, recorre la costa norteamericana desde la bahía de Baffin. Desvía, luego, su trayectoria hacia el Este y se convierte en la corriente noratlántica. Deja a su derecha las aguas templadas y ligeras del mar de los Sargazos (famosas por sus algas flotantes), y a su izquierda las aguas frías del Atlántico Norte, y llega —tras un recorrido de varios miles de kilómetros— a bañar las costas europeas desde Noruega hasta Portugal. En realidad, cuando llega a las orillas del Antiguo Mundo, la corriente del Golfo se escinde en varios ramales: uno corre a lo largo de la costa occidental de Islandia, donde recibe el nombre de corriente de Irminger; otro, con el nombre de corriente de Noruega, suaviza el clima de la costa occidental de la península Escandinava; otro más va hacia Irlanda, Inglaterra y Bretaña, y otro, finalmente, el más meridional, llega a las orillas de España y Portugal, antes de doblar en dirección de las Azores. Este ramal alcanza luego la corriente de las Canarias, que a su vez se une a la corriente norecuatorial. De esta manera se riza el rizo: la corriente norecuatorial se junta de nuevo en el ramal norte de la corriente sudecuatorial, para volver a dar a la corriente de las Antillas y el Gulf Stream.

La importancia de la corriente del Golfo siempre ha sido determinante para la navegación. Al utilizar su fuerza cuando volvía a Europa, Cristóbal Colón no hizo sino inaugurar una práctica que sería costumbre en las travesías transatlánticas a vela. Y no es menor tampoco la importancia climática de este flujo de agua



Las corrientes del Atlántico. *El mapa de la izquierda sólo representa las grandes corrientes superficiales del Atlántico. La más conocida, el Gulf Stream, o corriente del Golfo, sale del golfo de México por los estrechos de Florida, es reforzada por la corriente de las Antillas y atraviesa el océano luego de rozar las costas norteamericanas y de doblar hacia el Este a la altura del cabo Hatteras. A este «río marino» se debe el clima suave de la Europa occidental. En la página siguiente, una fotografía del Atlántico desde satélite y, abajo, su interpretación gráfica. Ambos documentos dan buena idea de las masas atmosféricas de esta parte del globo. Se advierte, sobre todo, la distribución de las grandes unidades anticiclónicas, de las que dependen las condiciones meteorológicas de América y Euráfrica.*





templada: gracias a él, la Europa marítima goza de unos inviernos excepcionalmente suaves. Muchos otros aspectos hacen de esta corriente un tema de estudio excepcional y apasionante, desde el mar de los Sargazos, al que bordea, hasta el famoso «triángulo de las Bermudas», tan mencionado por una cierta literatura sensacionalista.

Las corrientes superficiales de la parte meridional del océano Atlántico son perfectamente simétricas con las de la parte septentrional. El ramal sur de la corriente sudecuatorial, esto es, la corriente del Brasil, desciende a lo largo de las costas de este país. En las cercanías de Río de Janeiro choca con la corriente fría de las Malvinas, que asciende a lo largo de las costas argentinas desde los confines de la Antártida. Luego se desvía hacia el Este. Sin embargo, no se puede decir que exista ningún «Gulf Stream del Sur». En efecto, la corriente del Brasil y la de las Malvinas acaban por mezclarse, y si bien es cierto que hay una corriente que atraviesa totalmente el Atlántico austral, ésta es más bien fría (tanto más cuanto que se incrementa con corrientes adyacentes que provienen de la Antártida). Una parte de la corriente suratlántica pasa al océano Indico. La otra porción toca las costas sudafricanas y las de Namibia y Angola: es la corriente de Benguela, cuyas aguas se calientan gradualmente en el golfo de Guinea.

Si se examina con atención, observamos que el Atlántico es como una gigantesca cubeta, cuya única salida se encuentra al Sur. Las mareas que en él se producen tienen un doble origen. Por una parte, resultan de la entrada de ciertas olas (procedentes esencialmente del Pacífico) en la cuenca meridional, y que se propagan hacia el Norte. Por otra, son imputables a la acción directa de la atracción gravitatoria de la Luna y del Sol sobre las masas acuáticas locales. En general, las mareas son más fuertes en el Atlántico que en los demás océanos. Y cobran una amplitud particularmente importante en los pasos angostos en los que se canaliza la ola de pleamar, y la capa de agua, comprimida lateralmente, tiende a cobrar espesor. En términos generales, son más fuertes en la costa oriental del Atlántico que en la occidental. Una excepción importante la constituye la bahía de Fundy, en Nueva Escocia (Canadá), donde se observan las mareas más altas del mundo: 16,7 metros. Las dilatadas tierras que rodean la península-convento del monte Saint-Michel, en el norte de Francia, ocupa el segundo lugar (15,4 metros), seguido por la bahía de Grandville (14,6 metros), la bahía de Bristol, en Inglaterra (14,5 metros) y la bahía de Puerto Gallegos, en Argentina (12,7 metros).

Un océano en expansión

Las primeras teorías relativas al origen del océano Atlántico se remontan a la antigüedad; más exactamente, a los comentarios que por entonces se hacían sobre el mito de la Atlántida (y que Platón recoge en el *Timeo* y el *Critias*).

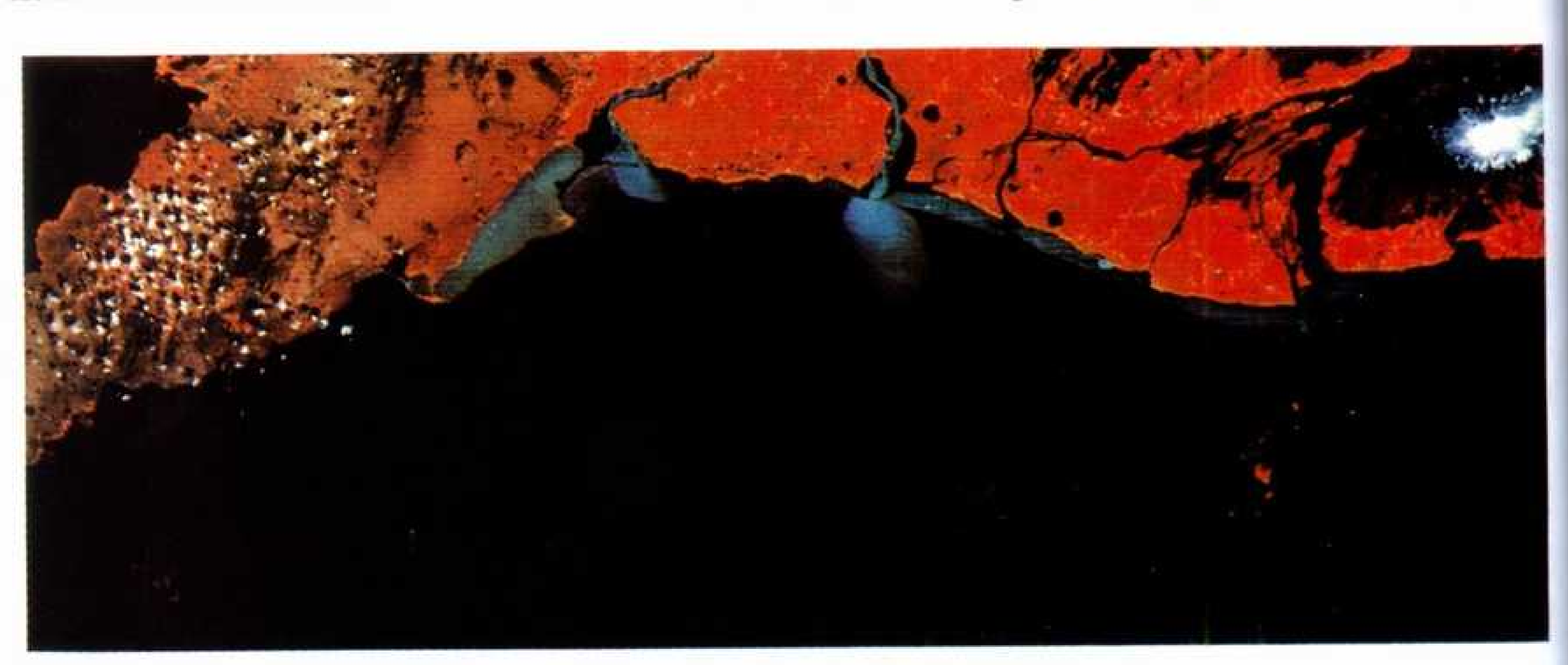
Ya en 1620, en su *Novum Organum,* Francis Bacon ponía de relieve la sorprendente simetría existente entre las costas de Africa y las de América del Sur. Treinta y ocho años después, François Placet sugería que el Nuevo Mundo se había desgajado del Antiguo cuando el diluvio universal. Sin embargo, la mayoría de los estudiosos se aferraron por mucho tiempo a la rigidez de las cosas, bien se tratara de las especies animales y vegetales o de las tierras emergidas. Para los que estudiaban el mar, las cuencas oceánicas no habían cambiado ni un ápice, encontrándose como estaban cuando fueron creadas. No obstante, a principios del siglo XIX, el austriaco Edward Suess y el alemán Hans Stille formularon una teoría según la cual, si bien las principales cuencas no habían cambiado desde su origen, en cambio, las zonas marginales (Mediterráneo, Caribe, etc.) se habían remodelado como consecuencia de una serie de fragmentaciones y derrumbes.

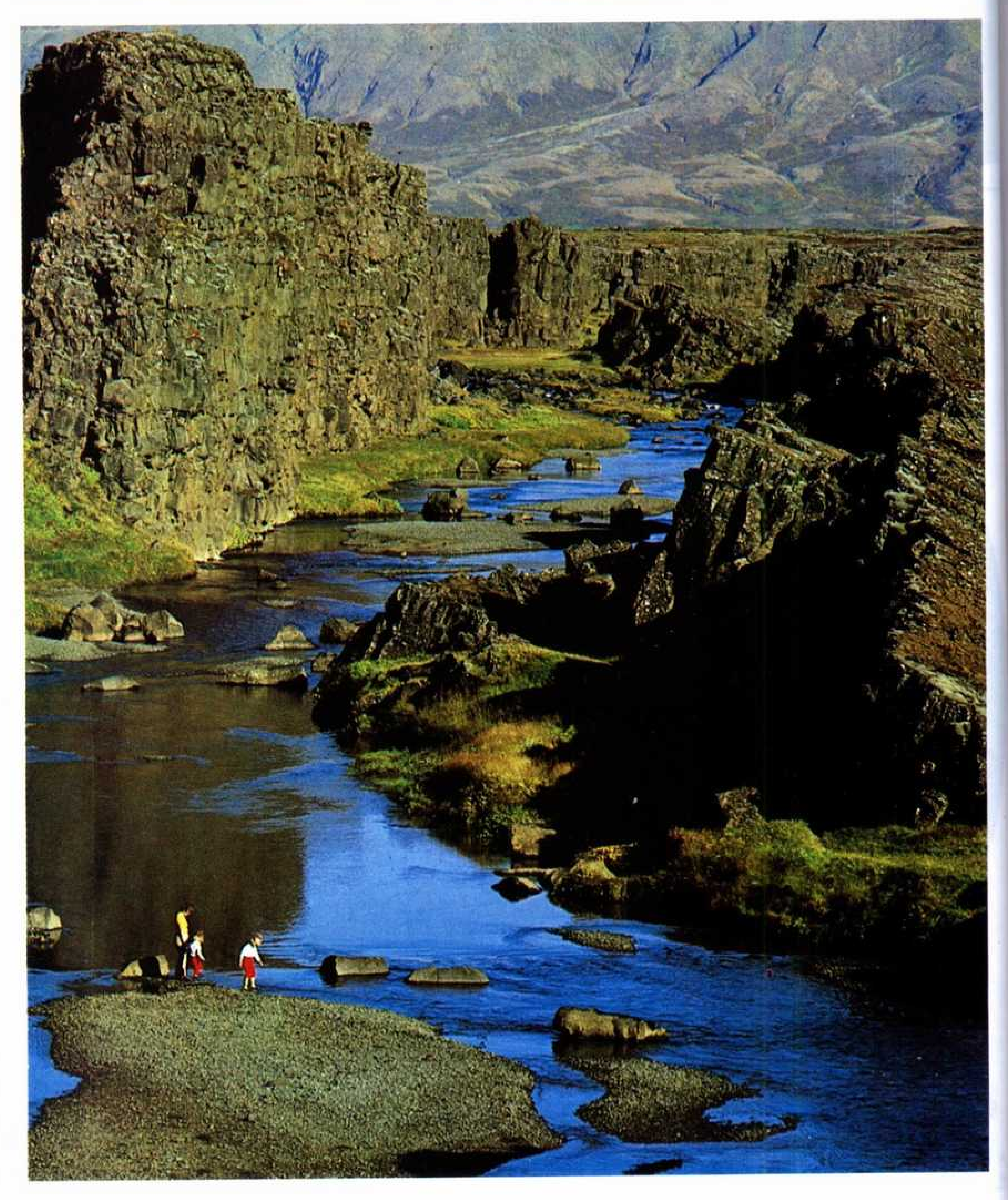
Hacia 1850, científicos y escritores de ciencia ficción postulaban que la Luna podía haberse desgajado en otro tiempo de la Tierra, cuando ocupaba el lugar actual del océano Pacífico. Las primeras investigaciones oceanográficas pusieron de manifiesto que, casi en todas partes, el piso del océano (debajo de la capa sedimentaria) está formado por una corteza basáltica muy diferente del zócalo granítico de los continentes. A partir de este dato, y evocando la correspondencia de formas entre Africa y América del Sur, el alemán Alfred Wegener formuló la hipótesis, a principios de este siglo, de que el suelo del océano, renovado por las ascensiones de lava, podría estar apartando a los continentes, haciéndolos derivar.

Esta teoría cayó por largo tiempo en el olvido. Pero está de nuevo vigente en la actualidad con otra formulación: la de la tectónica de placas. Y es en el Atlántico fundamentalmente donde esta hipótesis se ha comprobado. La larga dorsal medio-oceánica que corre de una a otra extremidad del océano es una falla por la que el magma asciende desde el manto terrestre. Este material, que se acumula a uno y otra lado de la línea volcánica, separa progresivamente entre sí a las grandes placas continentales: de un lado, las placas norteamericana y sudamericana; del otro, las placas africana y euroasiática. Las dos placas occidentales se alejan de las dos placas orientales a la velocidad de algunos centímetros al año.

Si se da una extrusión de material magmático a lo largo de la dorsal, debe de producirse necesariamente un hundimiento correspondiente en alguna otra parte. Esta desaparición se lleva a cabo cuando una placa continental o una porción del piso oceánico se introduce bajo otra placa. Este fenómeno es el que crea las grandes fosas oceánicas. Y el que origina también los más violentos terremotos y el vulcanismo de lava muy viscosa, llamada científicamente andesítica. En ciertos casos, cuando dos placas colisionan una no se introduce debajo de la otra. Chocan de lleno, y ello da lugar a una cadena de montañas.

El Atlántico es un océano que se ensancha continuamente. Motor esencial de la evolución de la facies de nuestro planeta, la función de su dorsal se ha ido precisando poco a poco, sobre todo por las fotografías tomadas por las *troikas* del *Calypso,* las campañas de perforaciones pro-





hace 570 mmilones de años

hace 395 millones de años

hace 280 millones de años

hace 195 millones de años

hace 140 millones de años

en la actualidad

El nacimiento del Atlántico. *La secuencia de los mapas de arriba da una idea del proceso de formación del Atlántico desde el Paleozoico. 1. América del Norte; 2. Groenlandia; 3. Europa; 4. Asia; 5. Australia; 6. Antártida; 7. India; 8. Madagascar; 9. Africa; 10. América del Sur.*
El corte esquemático de abajo muestra la estructura del Atlántico, con su dorsal en medio. Los materiales basálticos que ascienden del manto terrestre a nivel de la dorsal provocan el ensanchamiento progresivo del océano. Islandia constituye una fracción emergida de esta dorsal. En la página anterior, arriba: una fotografía desde satélite de la costa surislandesa, con el volcán Surtsey, surgido del mar en 1963; abajo: fotografía de la falla volcánica de Thingvellir, también en Islandia.

fundas del *Glomar-Challenger* americano y de la expedición franco-americana *Famous* en las Azores. Ya se ha comprobado plenamente (gracias al espesor de los sedimentos que aquí se acumulan) que las regiones basálticas más cercanas al eje central del océano son juveniles, mientras que las situadas cerca de las costas del Antiguo y del Nuevo Mundo son más antiguas. Complementariamente, al estudiar el magnetismo remanente de estas capas, se ha advertido que el campo magnético de la Tierra se ha invertido varias veces en el curso de los respectivos períodos geológicos, esto es, en el transcurso de los últimos 80 millones de años.

Las causas de la ascensión magmática en las fallas medio-oceánicas no son del todo conocidas. La mayoría de los científicos las atribuyen actualmente a corrientes de convección, que se producirían en el espesor semilíquido del manto terrestre, como se dan también en los demás fluidos. Pero, cualesquiera que sean, la tectónica de placas tiene la gran ventaja de ser una teoría unificadora: explica tanto la deriva de los continentes como la formación de las montañas (orogenia); la génesis de las grandes fosas oceánicas, los terremotos o la existencia de dos grandes categorías de vulcanismo (de lavas fluidas y de lavas viscosas).



Las costas orientales

EL aspecto de las orillas del Atlántico revela evidentemente en qué condiciones se constituyeron sus cuencas. El Atlántico central comenzó a formarse hace unos 180 millones de años. El Atlántico meridional es más reciente: data de hace unos 130 millones de años; mientras que el Atlántico septentrional lo es todavía más: tiene 55 millones de años.

Entre la parte oriental y la occidental de este océano se dan numerosas correspondencias geológicas. Así, se encuentran escudos graníticos que datan de la orogénesis caledoniana o herciniana tanto en América del Norte (Canadá, Terranova, Apalaches) como en Europa (Noruega, Escocia, Irlanda, Bretaña). Asimismo, las montañas de Colombia o de Venezuela corresponden al Atlas marroquí; el escudo brasileño, a su homólogo en Africa occidental, etcétera.

Edward Suess clasificó las costas en dos grandes categorías: el tipo atlántico, caracterizado por bruscas interrupciones de las estructuras geológicas, y el tipo pacífico, en que estas estructuras se presentan en forma de conjuntos coherentes.

Las costas orientales del Atlántico Norte pertenecen evidentemente a la primera categoría. De Noruega a Irlanda no son sino cadenas montañosas truncas, interrumpidas por la deriva de los continentes. Todas estas regiones, además, experimentaron profundamente los efectos de las glaciaciones: los casquetes polares las sumieron a veces por debajo del nivel del mar; cuando el hielo se fundió, algunos de los valles quedaron anegados por las aguas dando lugar a fiordos y *lochs*.









Las costas nororientales. *Gran número de ellas, sobre todo al norte de la región (Noruega, Escocia, Irlanda) están formadas por antiguos escudos primarios. Arriba: la famosa «Calzada de los Gigantes», en Irlanda. En el centro, a la izquierda: la costa portuguesa en el cabo Espirhel; a la derecha: la costa de Dorset, en Inglaterra. Abajo: el cabo Land's End, la punta occidental de Inglaterra.*

Entre las costas más variadas se cuentan las francesas, con un antiguo zócalo herciniano granítico (Bretaña), llanuras de origen sedimentario (Normandía, Aquitania), y zonas de reciente formación (Pirineos-Atlánticos). En ciertos sitios, la costa es pantanosa (pantanos del Somme, de Guérande, de la Vendée).

En España, el borde costero es rocoso y atormentado, al igual que en Portugal. El estrecho de Gibraltar, por donde se lleva a cabo el intercambio entre el Mediterráneo y el Atlántico, corresponde a una zona tectónica activa: en diversas ocasiones, en el transcurso de los tiempos geológicos, se ha abierto y cerrado sucesivamente. La placa africana asciende en la actualidad hacia el Norte, y tiende a cerrarlo nuevamente.

La cadena del Atlas, en Marruecos, se encuentra hoy en plena actividad, lo que explica los frecuentes terremotos que devastan la región (Agadir, etc.). Al sur de éste, la orilla del Sáhara continental (ex español), de Mauritania, de Senegal y de Gambia, pertenecen a la categoría de costas llanas: es baja, arenosa, con inmensas playas interrumpidas acá y allá por impenetrables manglares pantanosos.

Al sur del Senegal se observa una serie de playas bordeando llanuras sedimentarias, y orillas más atormentadas, que terminan en sistemas de colinas erosionadas, muy parecidas a las de Guayana y el Nordeste brasileño.

El delta del Níger, que forma el fondo del golfo de Guinea, linda con la zona volcánica del Camerún, y constituye una compleja red de brazos e islas.

Las costas de Gabón, del Congo y del Zaire pertenecen nuevamente a las facies de las planicies sedimentarias. El río Congo, el segundo en el mundo por su caudal después del Amazonas, va abandonando casi todos sus sedimentos antes de desembocar en el océano: esta es la razón de que en su desembocadura no se constituya ningún delta, y que en la plataforma continental no se forme un cono de deyección a su medida. Los aluviones que conserva los deposita muy adentro del océano, siguiendo un inmenso cañón submarino.

Las costas de Angola, de Namibia y de Africa del Sur son las de un antiguo escudo que perteneció al Gondwana (aquel protocontinente del que hemos hablado en otras ocasiones). Muy erosionadas, y suavizadas por la acción del viento y del agua, encierran en el subsuelo idénticos yacimientos minerales bajo el agua y en tierra firme. Recursos que no todos están comprobados; pero que son potencialmente considerables: además de oro y diamantes, existen grandes cantidades de carbón y diversos metales no ferrosos. Sobre ellos vigila celosamente Sudáfrica.



Las costas sudorientales. *Las prolongadas playas arenosas del Africa occidental, interrumpidas por escasos promontorios rocosos, difieren grandemente de las orillas muy variadas y recortadas de Europa. Arriba, una porción de Namibia. Los ríos (Senegal, Gambia, Níger, Congo, Orange) aportan alguna variedad. A la derecha: las bocas del Corubal, en Guinea-Bissau, vistas desde satélite.*

Las costas occidentales

Al igual que existe una zona de antiguos escudos graníticos al este del Atlántico Norte, hay otra también al oeste, formada por la inmensa Groenlandia, las islas del norte del Canadá y la península del Labrador. La extensa desembocadura del San Lorenzo marca, poco más o menos, su confín meridional.

Las costas de Estados Unidos han sido objeto de múltiples estudios. Así, se ha comprobado que desde la frontera canadiense hasta el cabo Cod fueron profundamente afectadas por las glaciaciones. Tras hundirse bajo el peso de los hielos, sus valles se inundaron por la subida de las aguas oceánicas. Toda la comarca está repleta de morrenas.

Al sur de esta región se dibuja la espina dorsal de Long Island, formada por dos morrenas glaciares que recorren la isla en toda su longitud (200 kilómetros); allí, arena y guijarros dan origen a grandes playas, abundantes en dunas. Después de Long Island se suceden numerosas islas, situadas a veces frente a majestuosas bahías, como la de Chesapeake, que es un sistema fluvial sumergido.

Desde Carolina del Sur hasta Florida, las islas costeras son la resultante de la acción de los vientos marinos cuando las lagunas de las que formaban parte que-



Cabo

Long Isl

Bahía de Chesapeak

daron obstruidas y subió posteriormente el nivel marino. Florida —larga lengua arenosa o pantanosa— se prolonga en sus cayos *(keys)* hacia la isla de Cuba: se trata de los restos de una barrera coralina que datan del Pleistoceno.

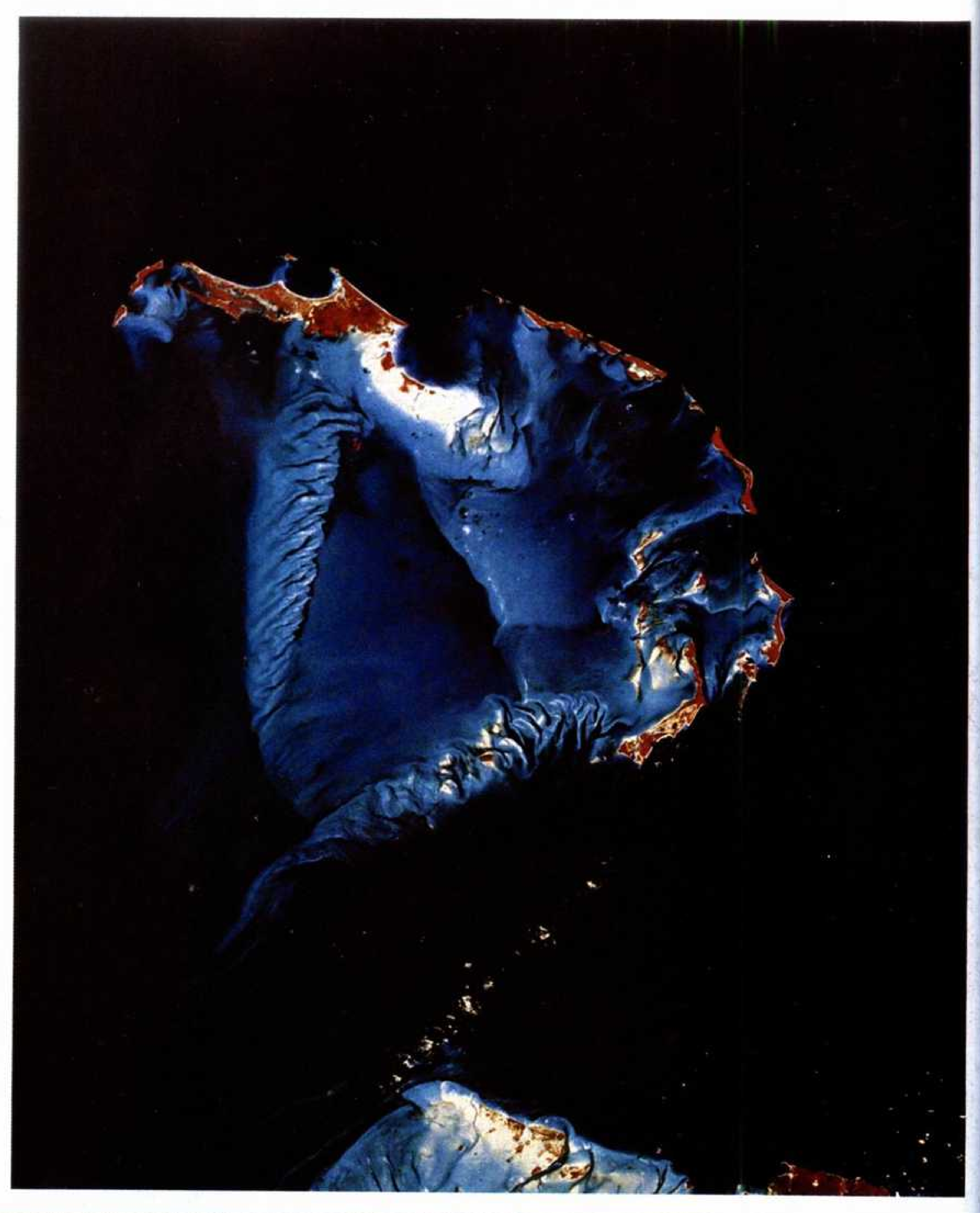
Las Antillas forman un arco de círculo debido al hundimiento de los fondos basálticos del Atlántico bajo la placa americana. Las costas son generalmente más escarpadas y rocosas, asomándose a las fosas más profundas de este océano (fosa de Puerto Rico).

Las costas atlánticas de América del Sur no están bien estudiadas todavía, excepto las de Venezuela, abundantes en petróleo. Bajas y pantanosas en general, las costas de Guayana están constituidas por aluviones arrastrados por el Amazonas. En estos parajes, los manglares adoptan un aspecto particularmente bello e impresionante: entre una red inextricable de raíces de mangles y cañaverales, entre ciénagas y arenas movedizas, pululan los caimanes, las serpientes y variopintas aves marinas. La desembocadura misma del Amazonas es todo un mundo: miles de canales y de islas funden allí sus verdes acuáticos. La extensión insular más grande del estuario, la isla de Marajó, tiene una superficie mayor que la de Bél-




Las costas del Noroeste. *En la página anterior, arriba: el cabo Cod visto desde satélite, con las islas de Martha's Vineyard y de Nantucket; este tipo de costas debe mucho a la acción de los glaciares que las cubrieron en el Pleistoceno. En esa misma página, abajo: Long Island, Nueva York y Nueva Jersey; esta parte de la costa americana está constituida por morrenas glaciares, que se transforman en inmensas playas. Aquí a la izquierda y arriba: dos aspectos de la bahía de Chesapeake, a cuya entrada se encuentra Norfolk, y Baltimore al fondo. Se trata de un amplio estuario (el del río Susquehanna) que en parte se encuentra sumergido. Y también de una de las regiones más productivas en plancton del mundo entero.*

gica. Al sur de las bocas del Amazonas la costa se hace más calcárea, presenta arrecifes coralinos y acantilados fósiles. Desde Recife hasta el sur del Brasil, el litoral es esencialmente el de un antiguo escudo montañoso; una estrecha planicie costera bordea a una plataforma continental todavía más angosta. Pero cuando los acantilados caen directamente a pico sobre el mar se abren de pronto magníficas bahías de las que la más extraordinaria es, naturalmente, la de Río de Janeiro con su famoso «Pan de Azúcar» y su playa de Copacabana. La desembocadura del río de la Plata, como la bahía de Chesapeake, corresponde a un antiguo sistema fluvial anegado. El inmenso litoral de la Patagonia, donde el viento de los Andes sopla casi sin cesar, es generalmente bajo. La península de Valdés, a cuyas aguas acuden a reproducirse las ballenas francas negras, y donde pululan los elefantes marinos, los otáridos y los pingüinos de Magallanes, ostenta el punto más bajo de toda la América del Sur: −41 metros. En la punta misma de la tierra firme argentina se inicia un dédalo de islas abruptas —auténticos bocados arrancados a la cordillera de los Andes que sobrenadaran en el mar— que rodean a la Tierra del Fuego y el estrecho de Magallanes. En estos archipiélagos del fin del mundo, donde llueve más de 360 días al año, viven los últimos representantes de los indios fueguinos: los qawashqar, que en otro tiempo pescaban y cazaban en los innumerables canales, constituyendo un pueblo de verdaderos «nómadas del mar». En la actualidad han desaparecido casi en su totalidad, víctimas de las armas de los blancos o de las epidemias (sífilis y sarampión).





Las costas del Sudoeste. *Arriba: vistas desde satélite, las islas Berry, que forman parte del archipiélago de las Bahamas. Se distinguen bien los bajos que unen a las tierras emergidas entre sí, y, en negro, las partes más profundas del mar. El aspecto tortuoso de los bancos de arena se debe a la acción de remolino de las corrientes, que los modelan y remodelan incesantemente. Aquí, al lado: también desde satélite, el estuario del Santa Lucía que vierte en el Río de La Plata cerca de Montevideo; se advierte claramente la gran cantidad de sedimentos.*



El mar del Norte y el Báltico

Unos mares en disputa

El mar del Norte es a un tiempo zona de intenso tráfico comercial, lugar de gran importancia estratégica, región abundante en pesca y campo de petróleo. No es de extrañar, pues, que tanto en el pasado como en el presente se encuentre en medio de... un océano de intereses contradictorios. Limitado al Oeste por las islas Británicas (hasta Shetland), al Sur por el paso de Calais, por Bélgica, los Países Bajos y Alemania, y al Este por Dinamarca y Noruega, presenta *a grosso modo* la forma de un embudo. Abriéndose ampliamente (al Norte) al Atlántico septentrional, se estrangula al Sur entre Francia e Inglaterra y sólo se comunica con la Mancha por el estrecho del paso de Calais, que mide menos de 50 kilómetros de anchura. El estrecho de Kattegat le comunica con el mar Báltico. Probablemente, hace ya miles de años que los hombres se aventuraron por el mar del Norte y el Báltico, para pescar o para comerciar. Los primeros habitantes de las islas Británicas debieron de llegar a Inglaterra, a pie enjuto, hace unos 17.000 años, aprovechando una época glaciar en que el nivel del agua dejó libre el paso de Calais. Lo que sí es seguro es que bien pronto sus descendientes empezaron a navegar por estos mares.



Los primeros grandes marinos que se aventuraron a adentrarse en alta mar fueron probablemente los fenicios, que explotaban las minas de estaño de las Sorlingues (Scilly), en la Mancha, y que, por imperativos comerciales, debieron de llegar más lejos todavía. En el siglo VI antes de nuestra era, Piteas de Marsella circundó con toda seguridad las islas Británicas, subiendo hasta la «misteriosa Tule», de la que no se sabe si se trataba de Islandia o de Noruega. Los romanos extendieron su imperio hasta Inglaterra y comerciaron con los pueblos bárbaros que ocupaban el norte de la Alemania actual. En los siglos VIII y IX, los vikingos daneses, suecos y noruegos, a bordo de sus *drakkars*, o barcolongos, comenzaron a surcar toda esta parte de la Europa marítima, antes de extender sus conocimientos náuticos hasta Islandia, Groenlandia y el Labrador (al Oeste), y hasta el Báltico y los ríos interiores de Rusia (al Este).

Desde hace por lo menos 1.000 años, el mar del Norte y el Báltico han sido siempre objeto de ardientes controversias. Inglaterra triunfó en ellos sucesivamente sobre españoles, holandeses y franceses (durante las guerras napoleónicas), asegurándose así no sólo el dominio sobre los mares locales, sino sobre todos los mares del globo. En el curso de la prime-

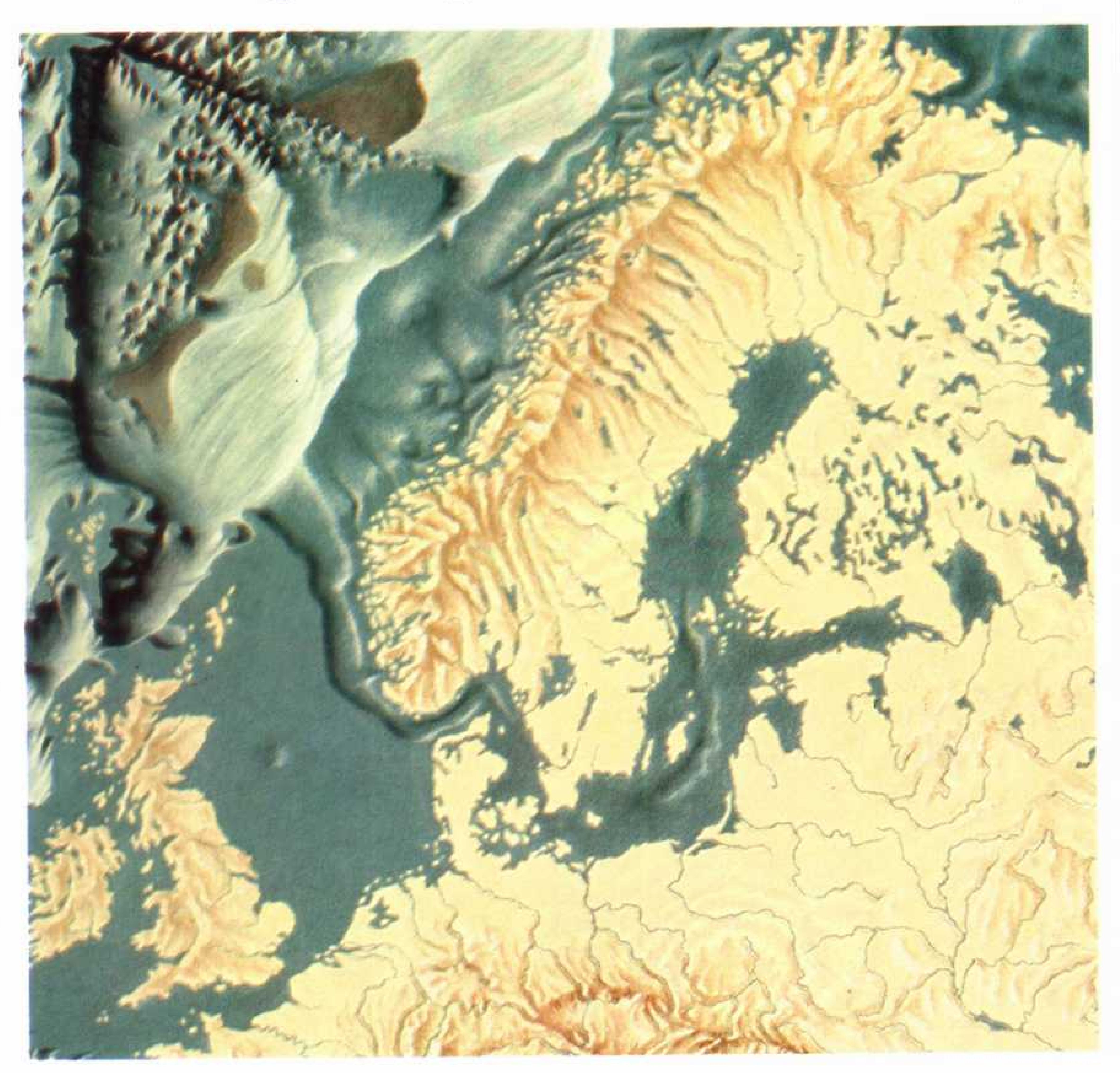


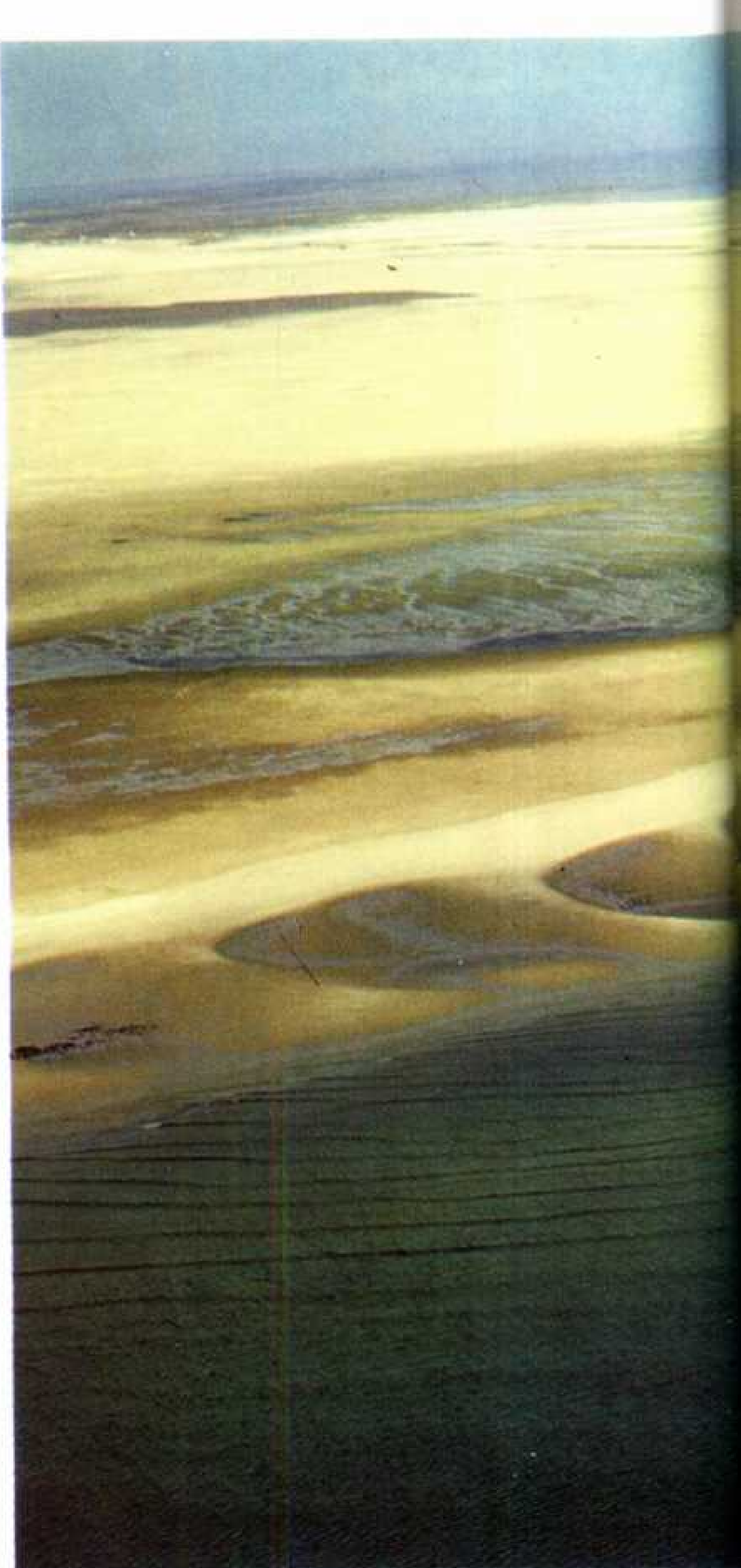
El «Mediterráneo del Norte». *El mar del Norte y el Báltico forman auténticos mares interiores entre esos grandes bloques de civilizaciones que son las islas Británicas, Escandinavia, Rusia, Polonia, Alemania, los Países Bajos, Bélgica y Francia. En la página anterior, arriba: un mapa del siglo* XVII. *Abajo: el puerto de Douvres, según un dibujo de 1520. La importante batalla de Jutlandia, en 1916 (aquí, arriba), demuestra que el mar del Norte ha tenido siempre una importancia estratégica decisiva. Las riquezas petrolíferas (a la izquierda) refuerzan este papel.*

ra guerra mundial (con la famosa batalla de Jutlandia) y en el de la segunda, el mar del Norte y el Báltico se constituyeron en centro del dispositivo estratégico de las fuerzas aliadas y pro alemanas.

A partir de 1959, año en que se descubren los primeros hidrocarburos no lejos de Groningen (en los Países Bajos), sobre estas agitadas aguas se estableció una nueva competencia: la del oro negro. Después de muchas dificultades y de mucho rechinar de dientes de los diplomáticos, se logró llegar a un acuerdo sobre las zonas de influencia de los estados ribereños y se comenzó a perforar en alta mar *(off shore)*. La fase de prospecciones propiamente dicha arrancó en 1964, fecha en que Gran Bretaña ratificó los acuerdos de la conferencia de Ginebra sobre la territorialidad de las plataformas continentales. La primera perforación tuvo lugar en aguas alemanas y acabó en un *blow out,* una explosión debida a la excesiva presión de los gases encerrados en la bolsa de hidrocarburos. El primer yacimiento de gas verdaderamente importante fue el de West Sole, que encontró la British Petroleum. Las perforaciones disminuyeron en 1968, por la baja en el precio del gas. Pero en 1970, la Phillips encontró un yacimiento de petróleo en aguas noruegas: ésta fue la estampida, tanto más cuanto que la crisis de energéticos estallaría a escala mundial poco después (en 1974). Los descubrimientos se sucedieron a ritmo acelerado, sobre todo en los campos pertenecientes a Noruega (gas en Friggs, petróleo en Ekofisk) y a la Gran Bretaña. De inmediato se perfeccionaron las técnicas de perforación en alta mar. Plataformas gigantes, muchas de ellas ensambladas en el profundo fiordo de Stavanger (Noruega), elevaron su extraña silueta sobre las olas. Y ocurrieron también los primeros accidentes, como la marea negra de Ekofisk, o el naufragio de la plataforma *Alexander Kielland*.

Cuenca poco profunda





El mar del Norte tiene 575.000 kilómetros cuadrados de superficie, pero su profundidad apenas alcanza los 91,4 metros por término medio. El aspecto de sus fondos revela claramente el modo como se formaron; y explica también su riqueza en minerales. En Devil's Hole, frente a las costas escocesas, la profundidad es de 235 metros. Pero no lejos de allí, el Dogger Bank tiene sólo −25 metros. No obstante, en los límites de la cuenca, cerca de Noruega, se pueden encontrar profundidades mayores, así como en la entrada del Skagerrak, que da paso al mar Báltico.

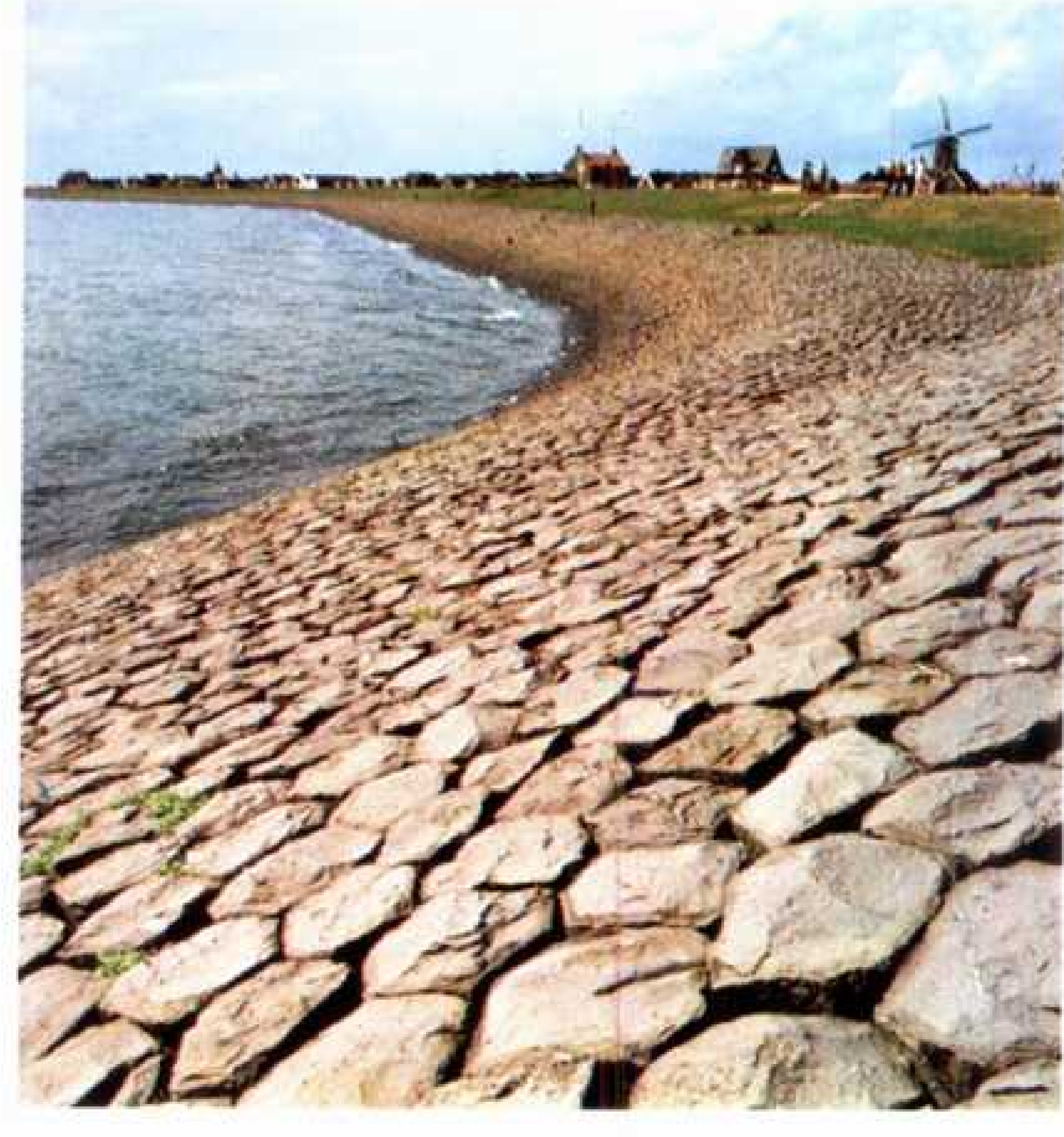
Estos fondos, que pertenecen enteramente a la plataforma continental noreuropea, se modificaron en las épocas glaciares, encontrándose en ellos morrenas y acumulaciones de sedimentos característicos. Algunos depósitos de arena, como los que constituyen en especial los bajos del Dogger Bank —tan peligrosos para la navegación—, han sido remodelados por efecto de las corrientes de marea. Estas últimas, por lo demás, particularmente potentes en el conjunto de la cuenca, no cesan de modificar el piso marino y plantean problemas no sólo a los navegantes, sino también a los técnicos petroleros que quieren instalar plataformas u oleoductos.

En la zona más profunda del mar del



Una inmensa plataforma continental. *El mar del Norte es típicamente de los que los oceanógrafos llaman «epicontinentales»: ni más ni menos que una fracción de continente sumergido. Sus fondos no están compuestos por basalto, como los de los grandes océanos y, por lo demás, son poco profundos. Sus sedimentos fueron aportados por los glaciares del casquete cuaternario, pero también por los grandes ríos, como el Rin y el Elba, que tenían una desembocadura común antes de la nueva subida interglaciar de las aguas. Toda la parte sudoriental del mar del Norte está bordeada de costas bajas y arenosas, que las mareas y las corrientes modifican continuamente. La fotografía de la página 213, a la derecha, muestra un di-*







que en Holanda. La de abajo son las bocas del Elba, desde satélite, con las islas de Föhr y de Sylt. En el centro de la doble página, arriba y abajo, dos aspectos de la costa de los Países Bajos con marea baja.

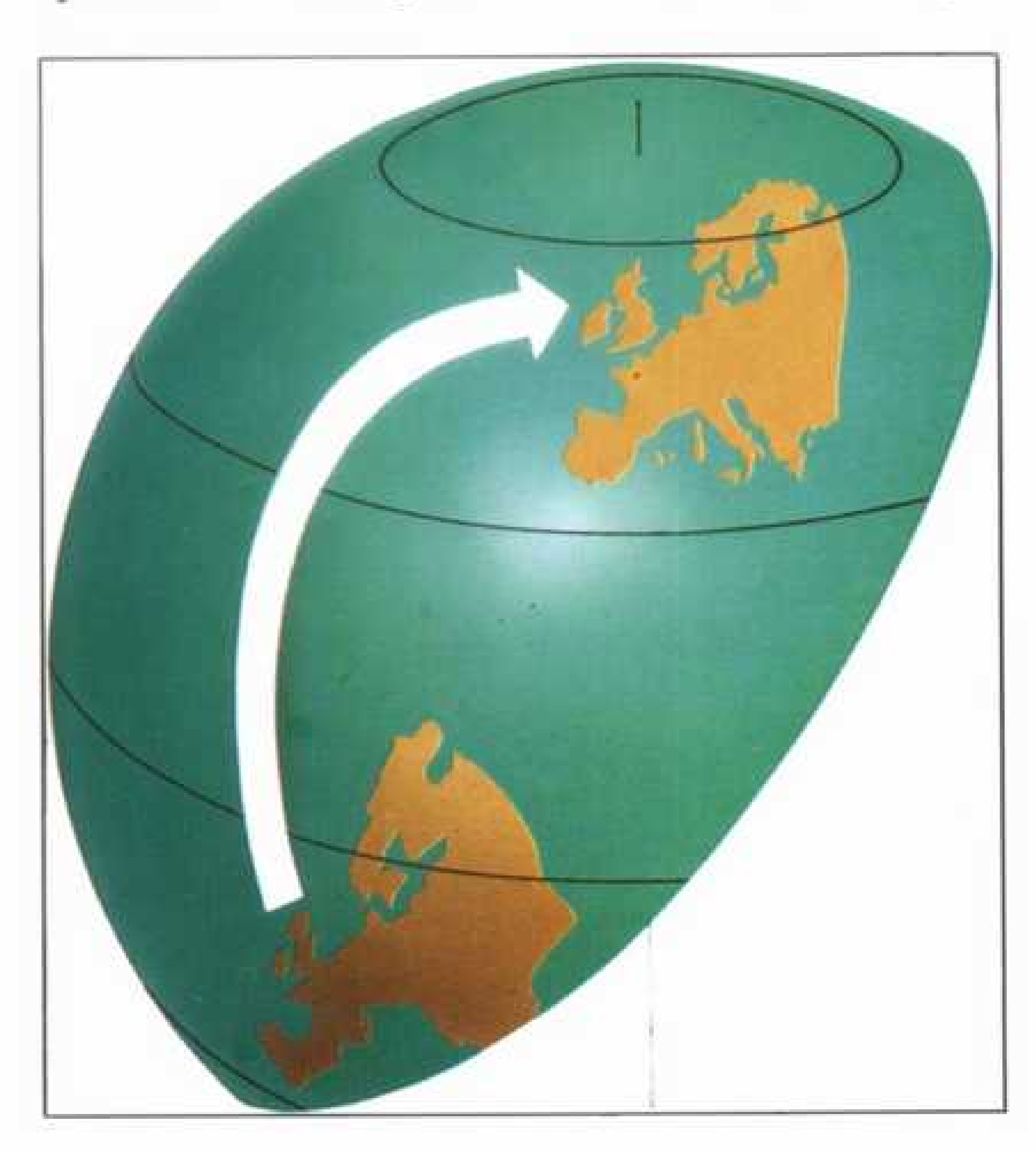
Norte (cerca de Noruega), así como en algunos otros parajes, sondeos por sonar muy precisos han permitido descubrir en el suelo marino extrañas formaciones llamadas *pockmarks*: accidentes del suelo parecidos a cráteres. En realidad, hoy se sabe ya que se deben a erupciones de gas natural.

El mar Báltico tiene una profundidad media de 65 metros y una profundidad máxima de 460 metros; esta última se alcanza al este de la isla de Gotland. La mayor profundidad del golfo de Botnia es de 254 metros, y la del golfo de Finlandia alcanza apenas los 100 metros. La superficie total de estas cuencas es de 470.000 kilómetros cuadrados. Su fondo es muy semejante al del mar del Norte: su constitución está relacionada con los fenómenos glaciares y las correspondientes variaciones del nivel del mar. En el 12000 a. de C., el agua del mar comenzó a invadir estas regiones, alcanzando su extensión máxima hace unos 9.000 años. El escudo escandinavo, liberado ya del formidable peso del casquete glaciar, se está elevando lentamente.

La evolución geológica

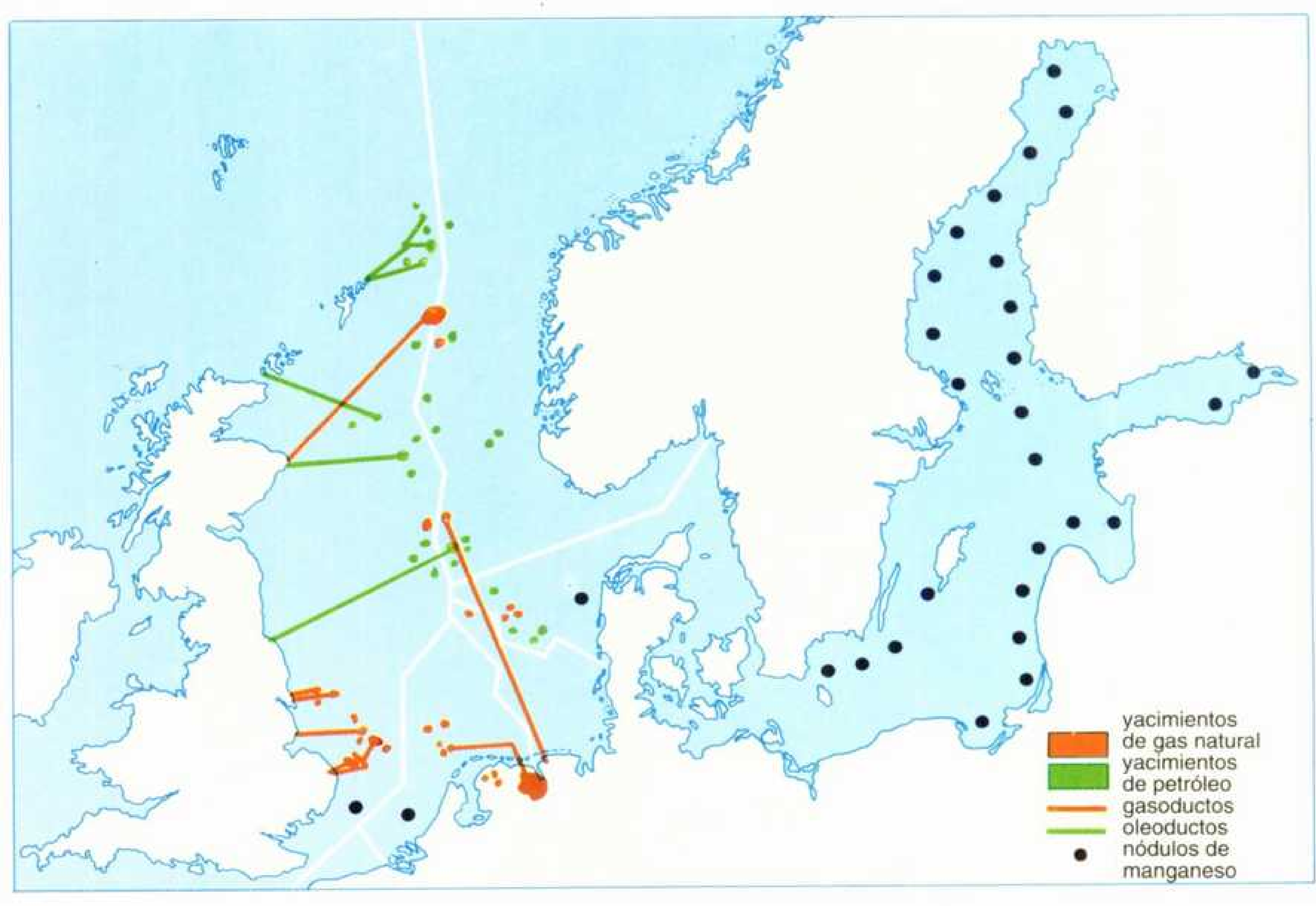
El mar del Norte y el Báltico constituyen dos «nudos» geológicos, dos puntos esenciales de la evolución no sólo de la Europa septentrional, sino incluso del planeta entero. En el transcurso de los últimos 500 millones de años, estas regiones han ocupado el centro de un campo de fuerzas monumentales, que dieron a la superficie del globo su fisonomía actual.

El mar del Norte y el Báltico no son, como ocurre con el mar Rojo, futuros océanos. Pertenecen a la categoría de lo que los oceanógrafos llaman «mares epi-



continentales». Su fondo no está compuesto de esa corteza basáltica que caracteriza a los océanos en expansión a partir de una dorsal: no son sino la prolongación de la masa continental cercana. El zócalo basáltico «neoformado» de los océanos tiene entre 8 y 15 kilómetros de espesor, y está cubierto de sedimentos tanto más antiguos cuanto más alejado se encuentra dicho zócalo de la dorsal. El zócalo del mar del Norte y del Báltico, por el contrario, está formado por las mismas rocas que el continente con el que confina, y es sumamente grueso: los sondeos sonoros efectuados en el mar Báltico revelan que supera los 40 kilómetros de espesor. Geológicamente, sin embargo, el mar del Norte y el Báltico están separados entre sí por una falla importante, llamada «línea de Tornquist», que corre desde la Suecia meridional hasta el mar Negro.

Las prospecciones petrolíferas efectuadas en esta región han permitido hacerse una mejor idea de la evolución geológica. Entre 500 y 350 millones de años antes de nuestra época, el mar del Norte era una cuenca que se extendía por debajo del ecuador, y que estaba limitada al Este por la plataforma llamada finesa-sármata (de la que procedería luego la región del Báltico y Rusia). Al Oeste, esta cuenca tenía como límites el continente nortea-



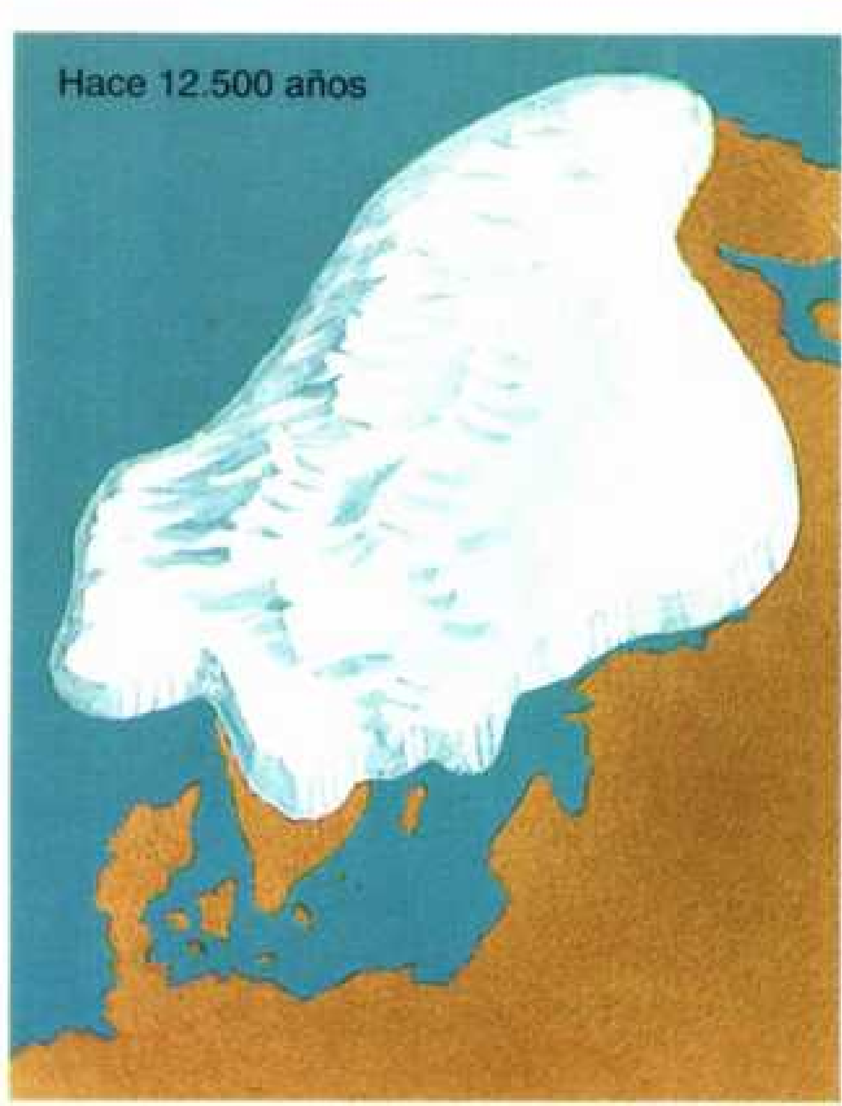


La cuenca del Báltico. *La fusión de los gigantescos glaciares que cubrían Escandinavia durante las glaciaciones tuvo como consecuencia una elevación general de la península. La serie de dibujos de la página siguiente muestra (abajo) el proceso de fusión y (arriba) el fenómeno de elevación; las líneas corresponden a los puntos con idénticas cotas. El máximo de altitud se alcanzó en la zona central: +275 metros.*

Un mar de petróleo. *Entre 500 y 350 millones de años antes de nuestra época, la Europa septentrional estaba cubierta por una lujuriante vegetación tropical e inmensos pantanos. En el curso de la migración del continente hacia el Norte (esquema de arriba, a la izquierda) se formaron enormes depósitos de carbón, pero también de hidrocarburos. El mapa superior de esta página da una idea de la distribución de estas últimas riquezas (que se han visto incrementadas al encontrarse también yacimientos de nódulos polimetálicos).*











mericano y la actual isla de Groenlandia. Hace 350 millones de años, Europa y América del Norte chocaron entre sí, lo que provocó la surrección de una cadena de montañas (que los geólogos llaman caledoniana-apalache), algunos de cuyos fragmentos se pueden advertir hoy día en la península Escandinava, en Escocia y en los Apalaches americanos. Luego, en la zona correspondiente a la Irlanda meridional, a Inglaterra y la Alemania del norte, apareció una profunda fosa, llamada geosinclinal herciniano, al norte del cual se encontraban mares superficiales con abundantes barreras de coral.

Un poco por todas partes, en estos mismos parajes, aparecieron hace 300 millones de años inmensos pantanos, salpicados de lujuriantes bosques tropicales; fue entonces cuando se formaron los depósitos de carbón británicos y alemanes. Entre 300 y 280 millones de años antes de nuestra época surgió una segunda cadena de montañas (durante la orogénesis herciniana), lo que dio origen a dos amplias cuencas marítimas. Los depósitos arenosos que las bordeaban son aquellos en los que actualmente se están descubriendo yacimientos de hidrocarburos gaseosos.

Tras una prolongada fase de emersión, esta comarca fue cubierta nuevamente por el mar (hace unos 180 millones de años). Fue en este período cuando empezaron a separarse Europa y América del Norte, formándose el océano Atlántico septentrional. A este movimiento hay que atribuir probablemente el hundimiento de la fosa Viking, uno de los principales elementos del relieve submarino del mar del Norte. Los sedimentos orgánicos que se depositaron en los fondos durante más de 150 millones de años constituyen el origen de los yacimientos de petróleo.

En época más reciente, hace dos millones de años, toda la comarca estaba cubierta por un casquete polar, que pronto se extendería al conjunto de la Europa septentrional. En ese tiempo fue cuando las aguas de fusión de los hielos excavaron el profundo valle del paso de Calais.

El petróleo y el gas natural del mar del Norte constituyen para los europeos una riqueza tanto más valiosa cuanto que su abastecimiento en el Medio Oriente se hace día a día más problemático o más costoso. El yacimiento de gas natural de Groningen, en los Países Bajos, contiene unos dos billones de metros cúbicos de hidrocarburos volátiles. La bolsa petrolífera de Statfjord encierra 3,5 mil millones de barriles, sin contar los hidrocarburos gaseosos. El yacimiento cercano de Brent cuenta con 2,5 mil millones de barriles de petróleo, y 98.000 millones de metros cúbicos de gas. Y los pozos —a pesar de las dificultades que presentan las perforaciones en alta mar, las tempestades y el peligro de accidentes— se multiplican sin cesar. Ya se ha excavado a cerca de 600 metros. Según los cálculos e investigaciones actuales, las reservas británicas de petróleo se estiman en 14.400 millones de barriles, y las noruegas, en 5.800.

Pero no hay que hacerse demasiadas ilusiones: los hidrocarburos del mar del Norte no rivalizarán nunca con los del golfo Arábigo-Pérsico, ni en tonelaje, ni en calidad, ni en costos de producción. A lo más, servirán de complemento.

El clima

EL mar del Norte y el Báltico tienen fama de caprichosos, cuando no de crueles y violentos. Son temibles los temporales que en ellos se desatan. Esta virulencia se debe a que el mar del Norte se abre al Atlántico septentrional y a la presencia de las masas continentales europeas. En el mar del Norte, en el que la influencia atlántica es casi constante, los vientos se orientan normalmente hacia el Oeste, y las temperaturas invernales son más elevadas de lo normal en estas latitudes. En el mar Báltico, por el contrario, la que más se siente es la influencia continental: los vientos se establecen al Noroeste en invierno, y las temperaturas pueden ser anormalmente altas en verano. Una zona de depresión se desplaza a menudo justo hasta por debajo de estas cuencas, lo que explica que haga con frecuencia mal tiempo y las tempestades causen verdaderos estragos.

Si entramos en detalles, se advierte que los vientos proceden del Sudoeste o del Oeste entre octubre y abril; soplan del Este en mayo, del Norte en junio-julio, del Oeste en agosto y del Noroeste en septiembre. En invierno, las corrientes aéreas soplan sobrepasando la fuerza 4 (en la escala de Beaufort) en el 75 por 100 de los casos y alcanzan velocidades de tempestad en el 10 al 20 por 100 de los casos. En verano son más débiles, y la proporción de tempestades no es sino del 2 al 4 por 100.

Las temperaturas del aire, que se establecen por término medio en torno a los 5 °C en enero y los 16 °C en julio, dependen de la dirección de los vientos y son, pues, muy variables: entre 1 y 10 °C en enero, entre 12 y 19 °C en julio. En el mar Báltico, donde la influencia del clima continental es claramente más fuerte, se alcanzan temperaturas extremas: más bajas en invierno, más altas en verano, y con grandes variaciones entre el día y la noche.

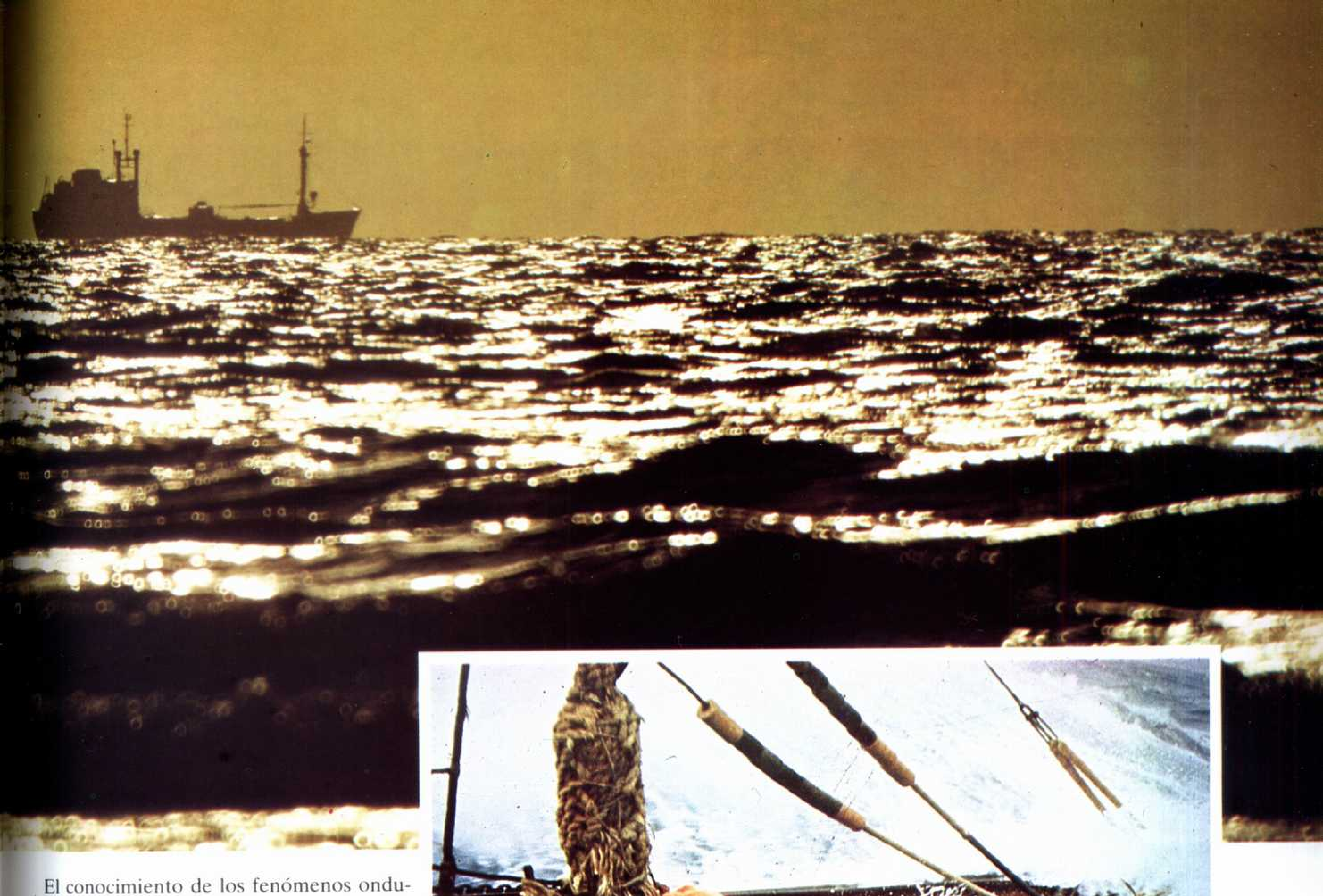
Gracias a los efectos benéficos de las corrientes procedentes del Atlántico Norte, el mar del Norte está casi siempre libre de hielos en su parte occidental. A veces ocurre que en las costas de Holanda, de Alemania o de Dinamarca se encuentran placas de hielo; pero proceden más bien del Báltico o de los ríos tributarios. El Báltico, por el contrario, se congela totalmente a partir de octubre en su porción más septentrional, y desde fines de noviembre en el golfo de Finlandia. A finales de enero, el brazo de mar situado entre Finlandia y Suecia está generalmente helado, y se funde a principios del mes de abril. Hay que tener en cuenta que, aparte las bajas temperaturas que sufre la zona, un factor favorece la congelación invernal de las aguas del Báltico: su escasa salinidad.







Mares coléricos y traicioneros. *El mar del Norte tiene fama de ser uno de los más difíciles para la navegación (en la página siguiente: faenando en un barco de arrastre durante un temporal; arriba: la dificultad de navegar con muy mal tiempo, incluso para un carguero). Pero otros obstáculos acechan a los navegantes, profesionales o aficionados: los bancos de arena, la bruma, corrientes traicioneras; al norte de la cuenca, la presencia de hielos flotantes, etc. En el Báltico, en invierno, las aguas se congelan durante muchas semanas. En el mar del Norte el fenómeno es más raro, pero a veces también acontece: aquí, al lado, el mar helado cerca de las costas holandesas. Abajo: el embate de las olas en la costa arenosa de la isla de Texel, la más meridional de las islas Frisias.*



El conocimiento de los fenómenos ondulatorios del mar del Norte tiene mucha importancia para la navegación comercial, para los pescadores y para los técnicos petroleros que llevan a cabo perforaciones en alta mar. La cuenca está sometida a durísimas condiciones entre noviembre y marzo. La entrada masiva de las aguas del Atlántico, en forma de oleaje, puede dar lugar a una catástrofe cuando coincide con una gran marea. Se estima que ya han penetrado en el mar del Norte olas atlánticas con 30 metros de altura; ciertamente pierden amplitud al avanzar hacia el Sur, pero siguen siendo igualmente impresionantes (13 metros en el estuario del Támesis). Tanto Gran Bretaña como los Países Bajos viven en la constante zozobra de que se repita un acontecimiento semejante. En 1953, en los Países Bajos, una ola de este tipo, con una altura de seis a siete metros, se superpuso a olas de marea del equinoccio primaveral con una amplitud considerable: todos los diques saltaron y sobrevinieron catastróficas inundaciones. El Zuyderzee mismo se formó en el siglo XII como consecuencia de una marea excepcional de este tipo, acompañada por una ola atlántica. Por eso, los holandeses son expertos desde hace siglos en los sistemas de diques que protegen sus tierras bajas y sus *polders*. Recientemente se han emprendido obras de gran envergadura en las bocas del Rin, del Mosa y del Escalda, para prevenir inundaciones tan terribles como la de 1953.

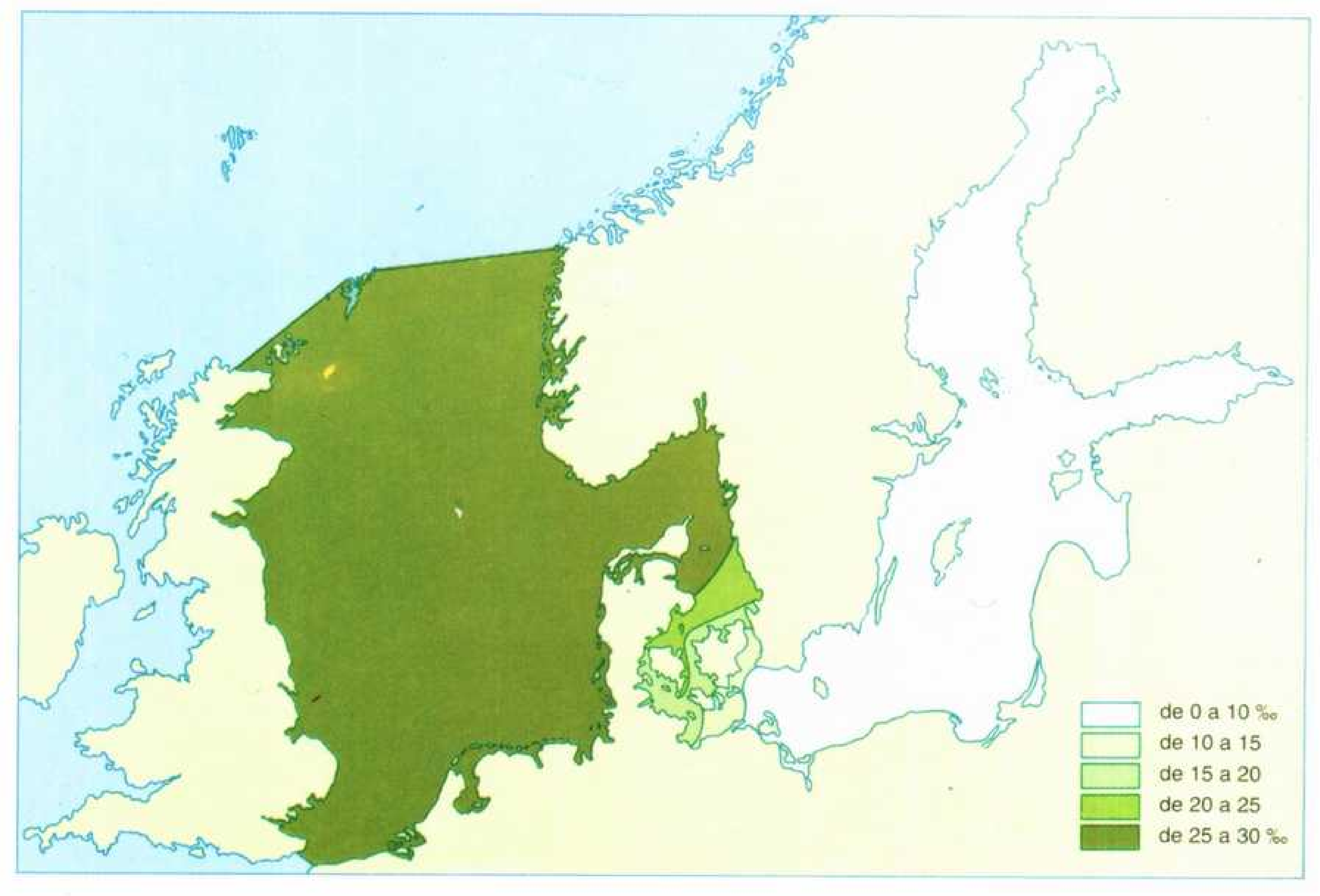
En el mar del Norte, las mareas normales avanzan de Norte a Sur. Tienen una amplitud de tres a cuatro metros de altura en la costa escocesa, de cuatro a siete metros en Bélgica, Holanda y el paso de Calais; pero sólo de uno a 1,5 metros en las costas noruegas. En el Báltico apenas existe, por así decir, balanceo: 20 centímetros en el golfo de Finlandia. Las corrientes de marea, muy potentes en la parte meridional del mar del Norte, remueven incesantemente los fondos; al desplazar los bancos de arena, hacen que la navegación sea más peligrosa todavía.

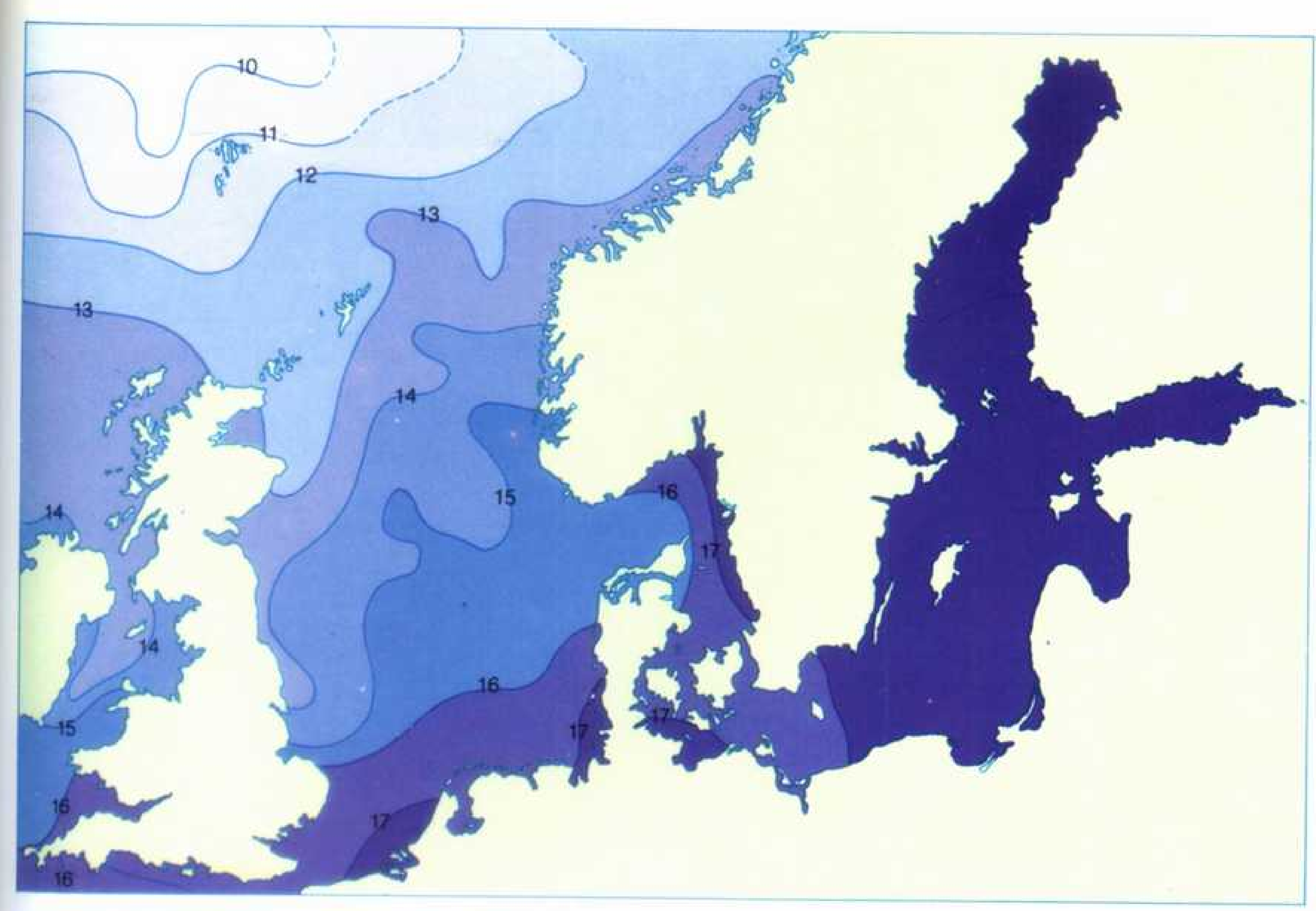
También las tempestades influyen en el nivel general del mar del Norte. Si llegara a producirse la conjunción de una ola procedente del Atlántico, de una gran marea y de una tempestad producida por un golpe de viento violento, las zonas más expuestas del sur de la cuenca —en especial, el estuario del Támesis y los Países Bajos— se verían gravemente amenazadas. Por este temor, los gobiernos de Londres y de la Haya han emprendido obras de gran envergadura.

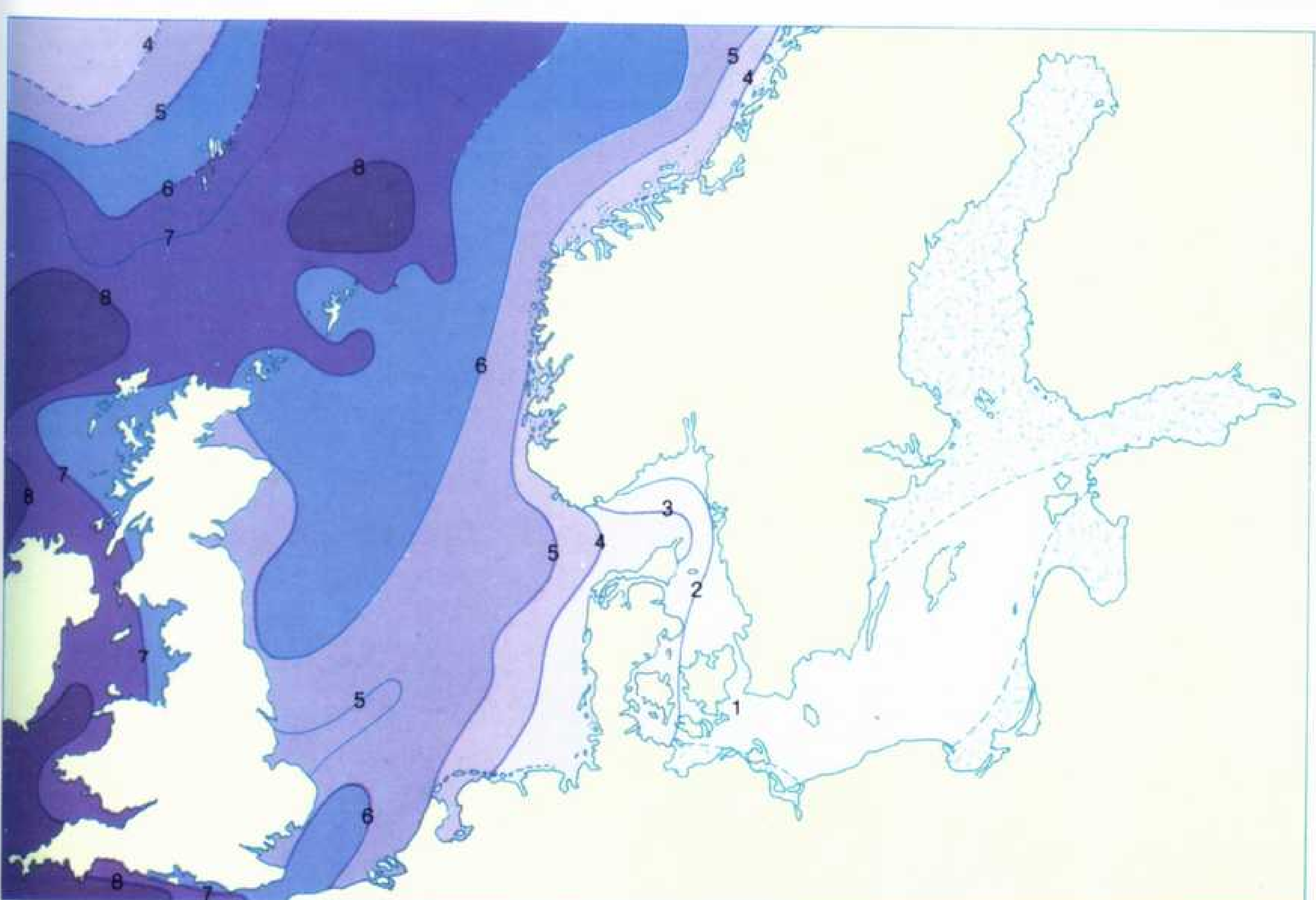
Salinidad, corrientes y temperaturas

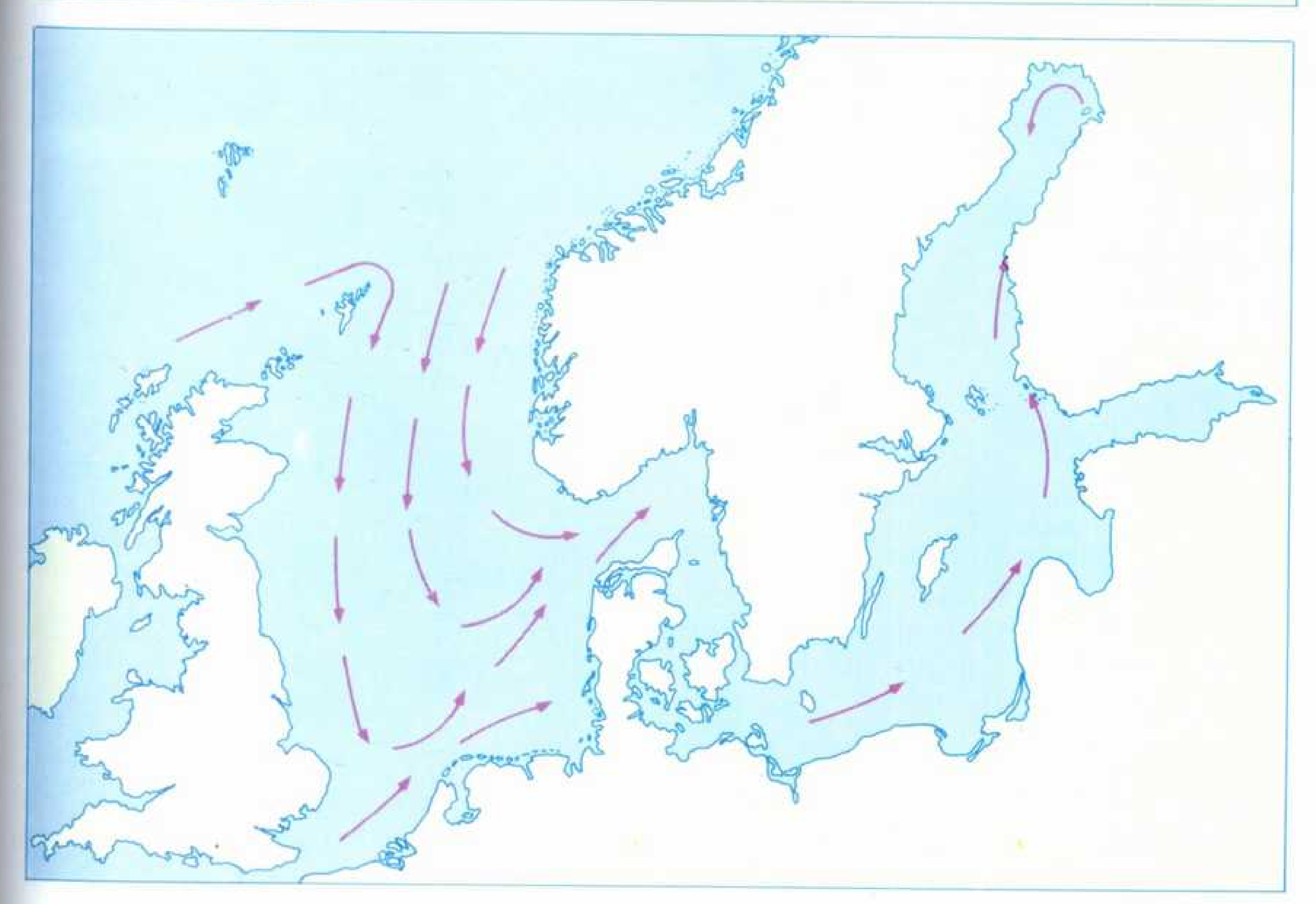
LAS principales masas acuáticas del mar del Norte y del Báltico están constituidas, de una parte, por las aguas procedentes del Atlántico y de la Mancha, cuya salinidad es normalmente elevada, y, de otra, por aguas mucho menos saladas, aportadas por los ríos en estas cuencas casi cerradas.

Los intercambios entre el mar del Norte y el Báltico se efectúan lentamente a través de los estrechos de Dinamarca. El agua más salada (y, por tanto, más densa) del mar de Norte penetra en profundidad en el Skagerrak y el Kattegat, mientras que el agua, apenas salobre, del Báltico pasa en superficie al mar del Norte. En el Báltico, el agua gira en el sentido de las agujas del reloj: lame primero Suecia y Finlandia, antes de volver a bajar hacia Polonia y la Alemania Oriental. Los ríos que en él vierten (el Oder, el Vístula, el Neva, el Umealv y el Dal) le aportan continuamente una cuadragésima parte









Salinidad, corrientes y temperaturas. Las aguas de la Mancha y del Atlántico penetran ampliamente en el mar del Norte, aportando su propia sal. La salinidad va disminuyendo a medida que se acerca al Báltico, mar muy poco salado, por estar constantemente alimentado de agua dulce por numerosos ríos (mapa de la página anterior, abajo). Los ríos (en la fotografía desde satélite de la página anterior: el estuario del Támesis) no influyen solamente en la salinidad, sino también en las temperaturas. Estas últimas siguen dependiendo principalmente del sol, los vientos y las corrientes. En esta página, el mapa de arriba muestra las temperaturas superficiales del agua en agosto; el del centro, las temperaturas correspondientes a febrero (con una indicación de la expansión de los hielos), y el mapa de abajo indica las corrientes superficiales.

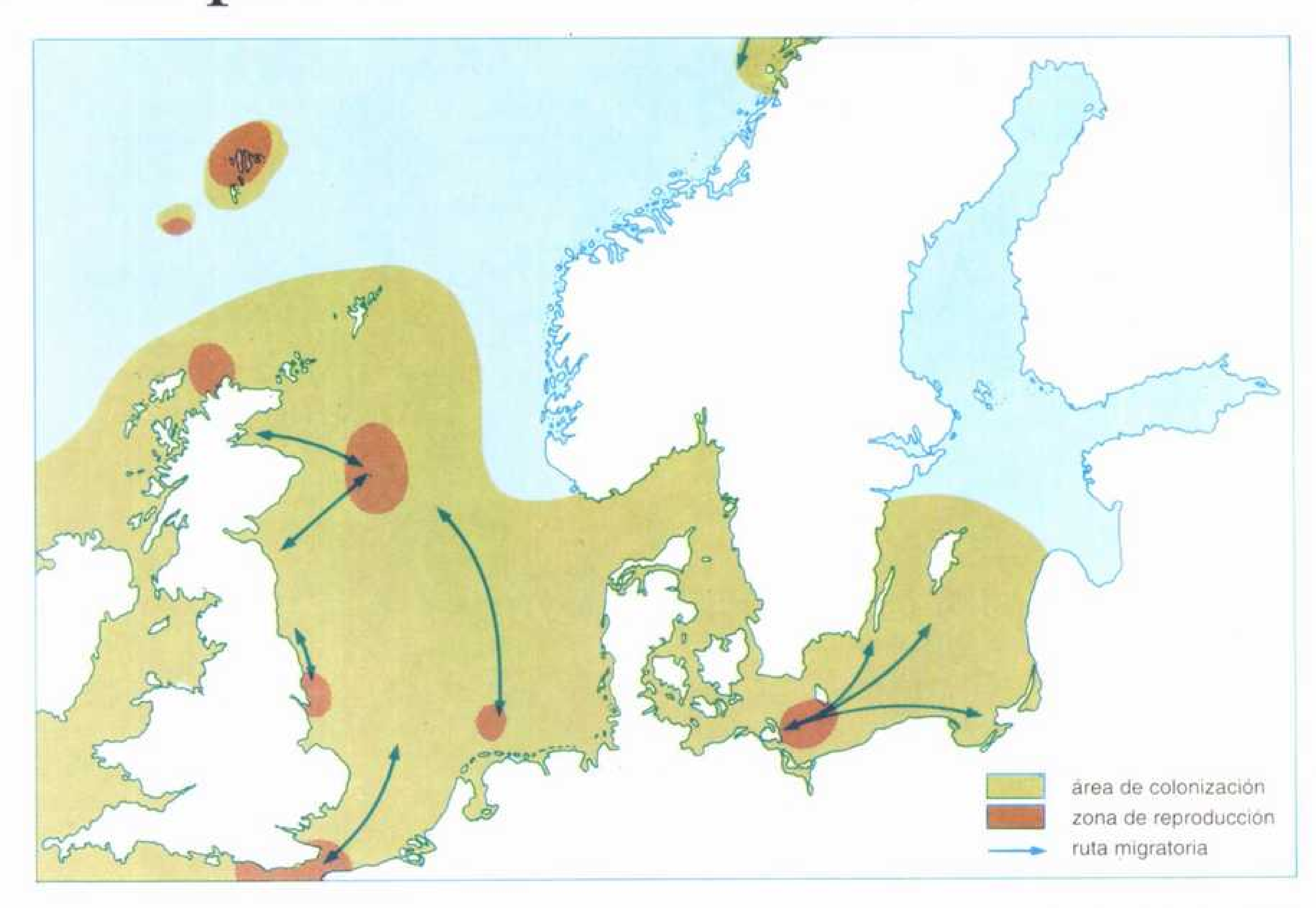
de su masa total en forma de agua dulce. Esto explica su escasísimo contenido en sal: 7,5 por 1.000 en el centro del Báltico y 10 por 1.000 en los estrechos de Dinamarca, pero sólo 2,5 por 1.000 en los golfos de Botnia y de Finlandia.

En el mes de febrero, la temperatura media superficial de las aguas del mar del Norte oscila entre los 3 °C frente a las costas danesas, y 7 a 7,5 °C en las regiones septentrionales o cerca del paso de Calais. Las temperaturas estivales van de los 17 °C en el Skagerrak a los 18 °C en el paso de Calais; pero en la parte norte de la cuenca no se superan los 13 °C. La salinidad de las aguas superficiales es de 33 por 1.000 frente a la costa danesa, 35,3 por 1.000 en las regiones septentrionales y 34,7 por 1.000 en el paso de Calais. La salinidad de estas mismas aguas durante el verano es respectivamente de 30, 32,2 y 34,7 por 1.000. La mayor parte de las aguas del mar del Norte meridional, como lo demuestran las cifras, son homeotermas y homeosalinas —es decir, presentan una temperatura y una salinidad que varían dentro de unos límites relativamente estrechos—. Su escasa profundidad y la violencia de las corrientes y de los temporales que las agitan, provocan un perpetuo batido de las aguas que unifica sus variables. La situación es distinta en el norte de la cuenca, donde la profundidad es mayor.

Aparte de las corrientes de marea, no se conocen bien todavía los múltiples desplazamientos de las aguas del mar del Norte. Se sabe que masas líquidas renovadas afluyen sin cesar por el Norte y por el paso de Calais, lo que origina complejos remolinos en el centro de la cuenca. Pero, a pesar de los muchos siglos de navegación por este mar, no se ha logrado describir todavía todos estos movimientos acuáticos. Y es que estos flujos están cambiando de itinerario continuamente.

Aguas abundantes en peces

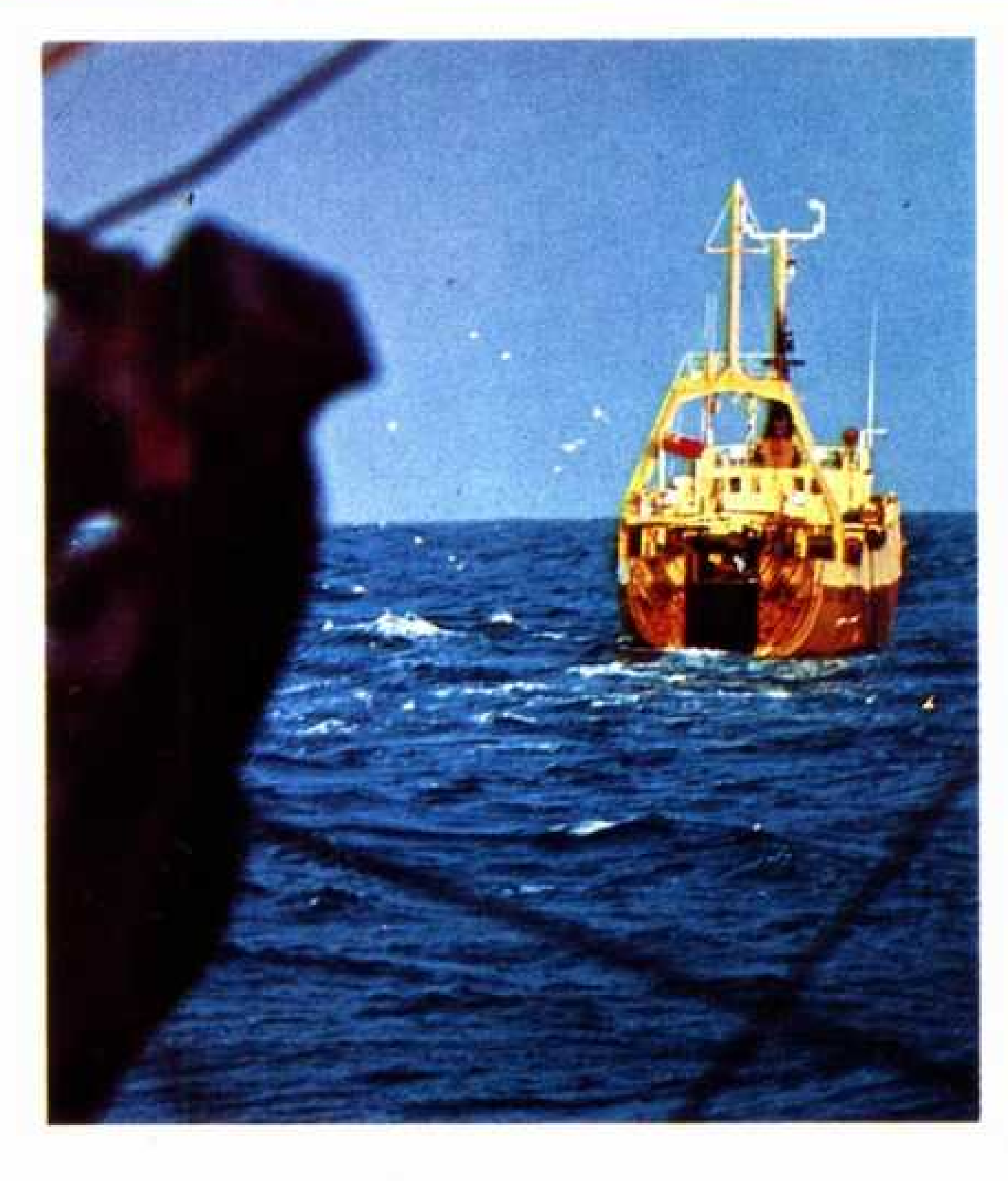
EL mar del Norte tiene fama desde hace siglos de ser abundante en peces. Si se estudia su productividad biológica en términos del carbono fijado por el fitoplancton, se advierte, en efecto, que es una de las regiones más generosas del océano mundial: puede equipararse a las zonas altamente productivas en las que las corrientes frías emergen a la superficie (zonas llamadas de *upwelling*). La superabundancia del mar del Norte tiene diversas causas: la escasa profundidad de sus aguas, la proximidad de extensas praderías litorales que sirven de criaderos para numerosos animales, la gran variedad de las fuentes de abastecimiento en materias orgánicas (éstas llegan por la Mancha, por el Atlántico y por los ríos de Europa), etc. Temperatura y salinidad constantes son otros tantos factores suplementarios que fomentan la proliferación de la vida en estas aguas.



En el mar del Norte, los barcos de arrastre se hacen a la mar en busca de caballas, sardinas, arenques y muchas otras especies: peces todos que viven en grandes bancos en estos mares. O, mejor dicho, *vivían*. Pues la sobreexplotación de los recursos conduce a su rarefacción. El arenque, por ejemplo, abundaba tanto que se consideraba prácticamente inagotable. Pero hoy se encuentra en verdadero peligro de extinción. Durante muchos años se cometió la locura de capturar miles de toneladas de jóvenes, sin dejar por eso de pescar individuos adultos, aunque con ello se haya comprometido gravemente el «capital» y las capturas —a pesar del cada vez mayor tonelaje de las embarcaciones— no dejen de disminuir.



Tanto en el mar del Norte como en otros mares, la pesca sigue siendo una activi-





__Los recursos halieúticos.__ El mar del Norte es uno de los más abundantes en peces del mundo entero. En él prolifera el microplancton y, como consecuencia, todos los eslabones de la cadena alimentaria. La pesca ha proporcionado desde los tiempos más remotos las principales proteínas animales consumidas por el hombre en las comarcas ribereñas. Una de las especies más abundantes —además del arenque, de la sardina, del boquerón, de la caballa, etc.— es el bacalao: el mapa de la página anterior, arriba, da una idea de la distribución de este pez. A la izquierda: secado del bacalao. Abajo, en esa página: dos aspectos de la faena de los pescadores. En esta página, las fotografías nos muestran las duras condiciones en que se ven obligados a trabajar los pescadores del bacalao.



dad de mera recolección. Las cantidades totales de pescado desembarcado dependen de numerosos factores: riqueza de las aguas, perfeccionamiento de los medios de localización (sonar, etc.) y de captura (arrastreros cada vez más grandes y eficaces), pero también de la situación del mercado y de las posibilidades de venta. Los peces de mayor demanda (arenque, boquerón, sardina, espadín, lubina, raya, lenguado, rodaballo, bacalao, etc.) se ven amenazados, pero los barcos de arrastre tienden cada vez más a mantener sus capturas.

Unos 40.000 pescadores dependen de la riqueza en pesca del mar del Norte. En la actualidad, los países de la Comunidad Económica Europea mantienen enconadas discusiones para determinar las modalidades de explotación de los bancos locales. La principal dificultad estriba en conciliar el hecho de que la pesca es una actividad importante para un sector no desdeñable de la población, y el hecho —puramente ecológico— de que los recursos ofrecidos por el mar son lisa y llanamente limitados. No sólo ha habido hasta ahora una sobreexplotación de los bancos, sino que éstos se encuentran también amenazados por otros factores de la vida moderna: contaminación (por el petróleo, metales pesados, productos químicos, pesticidas) y agresiones mecánicas contra las costas (especialmente contra las praderías litorales).

Costas antiguas y costas actuales

Los sedimentos del fondo del mar del Norte están esencialmente constituidos por arena. Esta se depositó al finalizar cada una de las eras glaciares. Ha sido modelada, amontonada o dispersada por las corrientes. También se encuentran bajo las aguas algunas turbas que se formaron durante el período final de las glaciaciones. En la parte meridional del mar del Norte, las acumulaciones de arena irregulares y cambiantes constituyen un peligro para los barcos. En la región septentrional y en la central, los depósitos de arena muy fina tienden a colmatar las depresiones. Los ríos acarrean aluviones y lodos en cantidades considerables: así lo hacen el Támesis, el Escalda, el Mosela, el Rin o el Elba. Estos sedimentos son arrastrados luego hacia el Norte por un sistema de corrientes cuya dirección es contraria a la de las agujas del reloj.

Hace 11.000 años, el Báltico se encontraba aún cubierto por los hielos. Era una especie de extenso lago de agua dulce, cuyo emisario hacia el mar no pasaba por los estrechos de Dinamarca, sino por Suecia. Los pasos daneses no se abrieron hasta hace unos 5.000 años solamente. Esta historia tan particular explica que los fondos locales estén compuestos de cienos y arcillas.

Las costas del mar del Norte son bastante variadas. A los acantilados del paso de Calais sucede, en Francia, Bélgica, los Países Bajos, Alemania y Dinamarca, una costa en verdad muy distinta, esencialmente arenosa, rodeada de dunas y remodelada continuamente por las corrientes.

La desembocadura de los ríos introduce un poco de variedad en este paisaje, con extensas zonas pantanosas propicias para las aves migratorias. Del lado de Inglaterra y Escocia se observa una sucesión de costas en pendiente suave, interrumpidas a menudo por acantilados. En Noruega, por el contrario, así como en la Escocia septentrional, la costa está extraordinariamente recortada: los fiordos la socavan repetidamente, formando estrechos brazos de mar que se alargan a veces varias decenas de kilómetros. El origen de estos «encajes» es de fácil explicación: se trata de antiguos valles invadidos por el mar gracias a la subida de nivel del océano al finalizar la época glaciar.



Un litoral arenoso. En este mosaico de fotografías desde satélite se advierte una buena parte de la costa sudoriental del mar del Norte, desde Holanda hasta la provincia alemana de Schleswig-Holstein. Se aprecian claramente las islas Frisias, el dique del Zuyderzee, el lago de Ijsselmeer y los polders que los holandeses han obtenido desecando a este último. Hacia el Este se observan sucesivamente la desembocadura del Ems y la del Weser, en cuyas cercanías se encuentran el puerto de Bremerhaven y Bremen.

Las «catedrales» del mundo moderno. *El mar del Norte se ha convertido desde hace unos años en importante región productora de energía —gas natural y petróleo—. Las «catedrales» de los tiempos modernos son esos gigantescos tanques de almacenamiento de los productos de destilación del crudo (a la derecha) o las plataformas de perforación en alta mar (abajo: las instalaciones noruegas de Ekofisk)). Nueva riqueza que, sin embargo, no deja de presentar inconvenientes.*



La importancia económica y estratégica del mar del Norte no ha disminuido en modo alguno en nuestros días. De él depende el puerto más grande del mundo —el de Rotterdam, en la desembocadura del Rin—, así como otras colosales abras: Dunkerque, Londres, Anvers, Hamburgo, Oslo, Bergen. En el Báltico se encuentran igualmente grandes ciudades portuarias: Copenhague, Rostock, Gdansk, Riga, Leningrado, Helsinki, Estocolmo, etc.


Desde el punto de vista geopolítico, estas cuencas son ciertamente objeto de codicia. Europa se va construyendo más bien lentamente, y su autonomía defensiva no está asegurada todavía; sobre todo, porque se encuentra dividida en dos. El mar Báltico, en otro tiempo centro comercial y cultural de una vasta región que abarcaba Escandinavia, Alemania, Polonia, los países bálticos y Rusia, se ha convertido en una especie de manzana de la discordia, en una extensión acuática por la que pasan más barcos de guerra y submarinos nucleares que barcos mercantes.







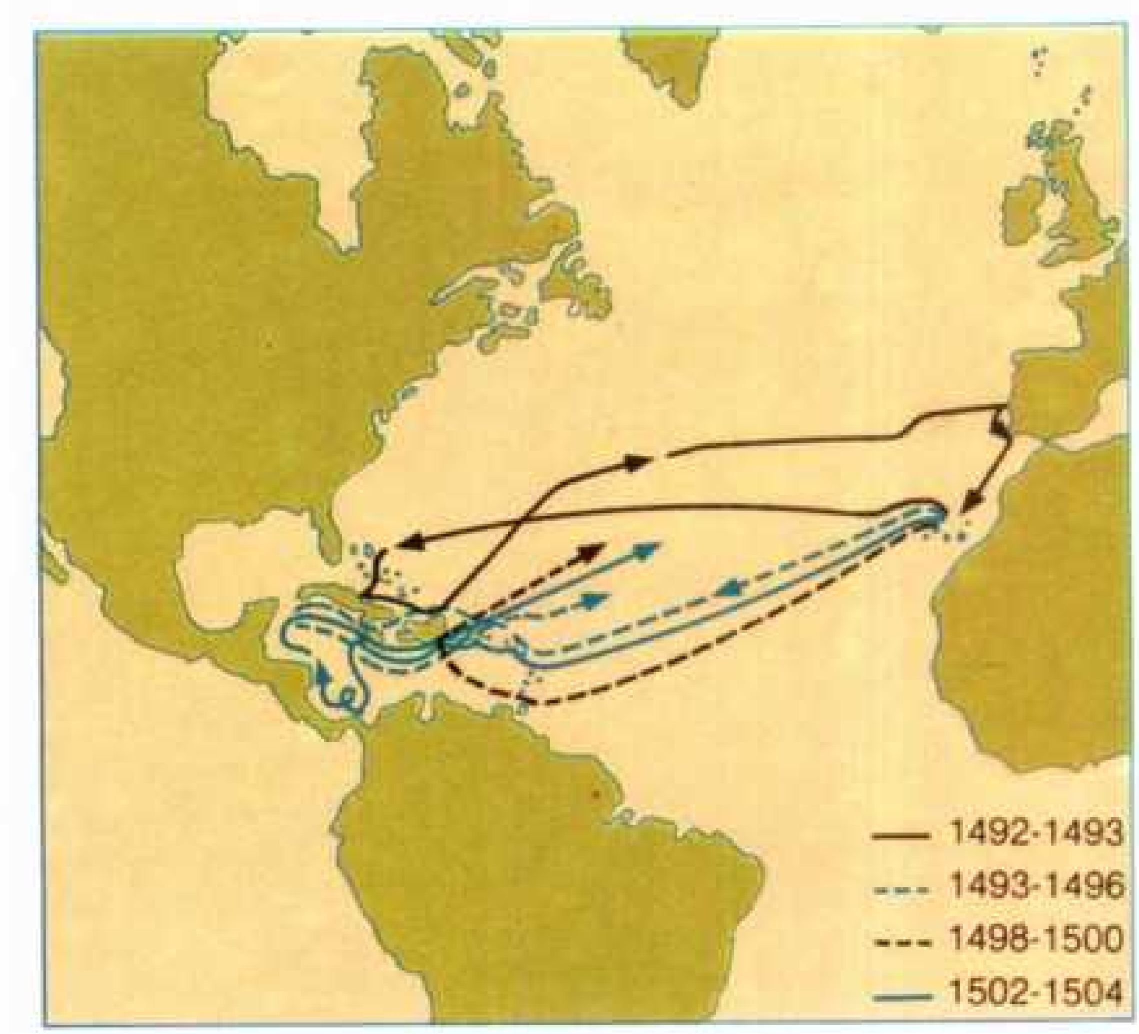
Algunos aspectos de las costas del mar del Norte. *Si las costas sudorientales de la cuenca son bajas y arenosas —a merced del incesante embate de las olas—, las del Sudoeste, del Este y del Noroeste son accidentadas, rocosas y recortadas. Arriba, a la derecha: los famosos acantilados blancos de Dover, frente a Calais. Abajo, a la izquierda: la costa granítica escocesa. Abajo, a la derecha: el fiordo Hardanger.*



El golfo de México y el mar Caribe

El descubrimiento de las Indias Occidentales





EL primer europeo que llegó al mar Caribe fue, desde luego, Cristóbal Colón. El navegante genovés pasó unas dos semanas en Cuba, después de desembarcar en una de las islas Bahamas, en octubre de 1492, y antes de descubrir la Hispaniola (hoy Haití y Santo Domingo). En el curso de su segundo y tercer viaje, Colón tocó también Puerto Rico y varias de las Pequeñas Antillas. En su cuarto periplo surcó el mar Caribe en su conjunto, así llamado por los indios caribes que poblaban las islas locales.

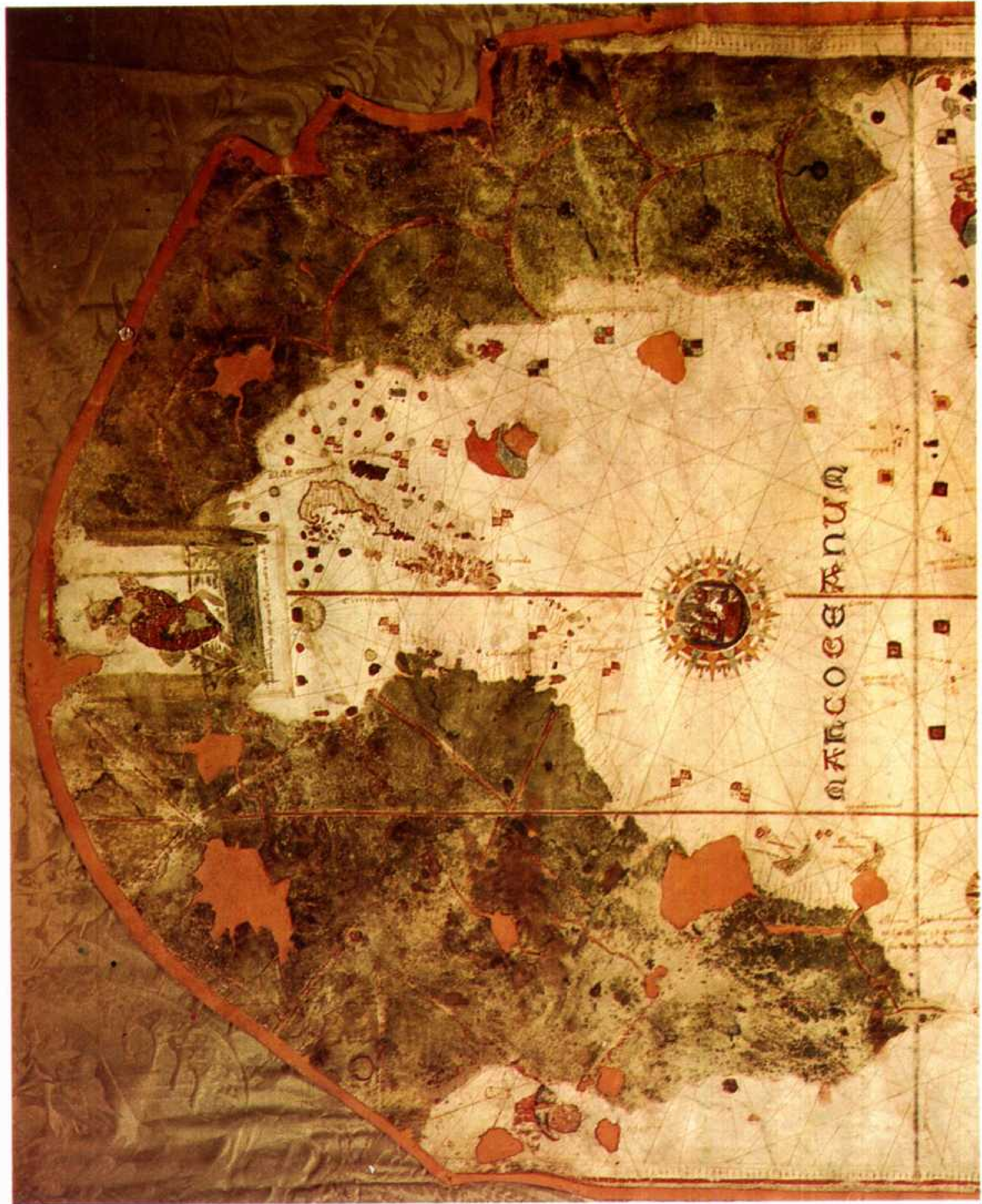
Colón, sin embargo, creyó haber llegado a Japón (Cipango) y a Cathay (China).

A continuación llegaron los conquistadores españoles, sometiendo a las civilizaciones precolombinas (incas, aztecas), y pronto se dieron cuenta de que lo descubierto era un nuevo continente. La explotación de estas tierras desconocidas para los europeos (pero no del todo quizá para los chinos) se resumió al principio en un entrar a saco en los metales preciosos y las alhajas acumuladas por los indígenas. Los navíos de la «Flota del Oro» zarpaban atiborrados de tesoros, y los piratas no andaban con miramientos para atacarlos cuando podían.

Cuando, en 1513, Balboa descubrió el océano Pacífico atravesando a pie el istmo de Panamá (siendo el primero en meterse en él declarándolo «propiedad del rey de España»), la región del Caribe comenzó a cobrar una importancia que no ha perdido todavía. Magallanes dobló la punta sur de América, Pizarro conquistó el imperio inca y Cortés el de los aztecas: la dominación española se estableció por varios siglos en la región. Los navíos cargados con el oro del Perú llegaban a Panamá, donde eran descargados. Su mercancía era reembarcada en otros barcos del lado atlántico del istmo, y partían para Europa. En el siglo XVI, los 2.000 kilómetros aproximadamente que separan a Panamá de la isla de Trinidad se contaron entre los itinerarios marítimos más transitados de todo el orbe.

Durante la segunda mitad del siglo XVI, sin embargo, los marinos y los piratas ingleses y franceses comenzaron a imponer su ley en el Caribe. El mar de las Antillas, hasta entonces «la mar Española», fue surcado por navíos enarbolando bandera negra. John Hawkins, Francis Drake y tantos otros establecieron sus guaridas en pequeñas islas, de donde salían para sus mortíferas *razzias*.

Desde el principio, algunos navegantes se interesaron en el aspecto científico de sus descubrimientos. El mismo Cristóbal Colón era un sabio geógrafo. Otros capita-





Un mar para los descubridores. *Los viajes de Cristóbal Colón abrieron a los colonizadores españoles, y luego a los ingleses, franceses y holandeses, la extraordinaria variedad de las riquezas del mar Caribe, del golfo de México y de las Antillas. En la página anterior, a la izquierda: una representación del desembarco de Colón en lo que pensaba eran Japón y China. A la derecha, en la misma página: el mapa de los cuatro viajes del gran descubridor. Abajo: fragmento de la* Carta de marear de las Indias, *del marino y cartógrafo español Juan de la Cosa, a principios del siglo* XVI. *En esta página, arriba: un grabado de la conquista de México por las tropas de Cortés. Abajo: un episodio de la guerra de Secesión americana; el navío* Alabama, *perteneciente a los Confederados, es echado a pique por las fuerzas de la Unión tras una batalla naval en el golfo de México.*

nes prestigiosos llevaron consigo a físicos, naturalistas y cartógrafos. Así, Pedro Mártir *(Decades of the Oceans,* 1577) y William Bourne *(Treasure for Travellers,* 1578) describieron prontamente la corriente que va del Este hacia el Oeste en el Atlántico tropical del Norte, que entra en el mar de las Antillas, pasa entre Cuba y Yucatán, y surge del golfo de México por las bocas de Florida; la que se llama desde entonces corriente del Golfo, o Gulf Stream... Estos trabajos interesaron en el más alto grado a los navegantes que vinieron después, permitiéndoles trazar rutas rápidas a través del océano. No obstante, quedaban por estudiar las corrientes secundarias, lo que se hizo a veces corriendo sorprendentes aventuras. Así, Hawkins «aterrizó» en Jamaica (y no en la Hispaniola, como era su propósito) porque desconocía la corriente occidental de las Antillas. Su hijo William, por su parte, mientras se creía a sólo 70 leguas de las islas del Caribe, se encontró en una ocasión frente a las costas de Guinea empujado por la contracorriente ecuatorial del Atlántico...

En el siglo XVII, ingleses, franceses y holandeses les disputaron con más encarnecimiento todavía el dominio del Caribe a los españoles. Las guerras locales y los actos de piratería no se daban punto de reposo. Los británicos se instalaron en Jamaica, en las Barbados, en las islas Vírgenes, etc.; los franceses, en Haití, en la Martinica, en la Guadeloupe; los holandeses, en Curaçao y Aruba. Fue en esa época cuando empezó verdaderamente el «aprovechamiento» de las islas. Exterminados los aborígenes, se recurrió a los esclavos negros de Africa. El tráfico de la «madera de ébano» siguió durante todo el siglo XVIII, e incluso durante una parte del siglo XIX. Si las revueltas fueron numerosas (como la de Toussaint-Louverture en Haití), se debió a que las condiciones de vida de las poblaciones transportadas eran abominables. A este precio se consumía azúcar y ron en Europa.

Los estudios oceanográficos referentes a la cuenca del Caribe y el golfo de México entraron en una nueva fase cuando Benjamín Franklin, Charles Blagden y Thomas Pownall explicaron el origen del Gulf Stream por los efectos de los vientos alisios, que, al soplar hacia el Oeste, acumulan agua en el golfo de México, debiendo discurrir ésta por los estrechos de Florida. La gran expedición del *Challenger,* en 1872-1876, no penetró, por desgracia, en el mar Caribe: tocó tierra en Santo Tomás, y puso proa a las Bermudas. Compete al buque oceanográfico americano *Blake* el mérito de haber llevado a cabo, en 1867-1889, las primeras investigaciones sistemáticas en la región. A partir de entonces, han sido casi innumerables las misiones de investigación, especialmente en las zonas abundantes en hidrocarburos.

Un Mediterráneo americano

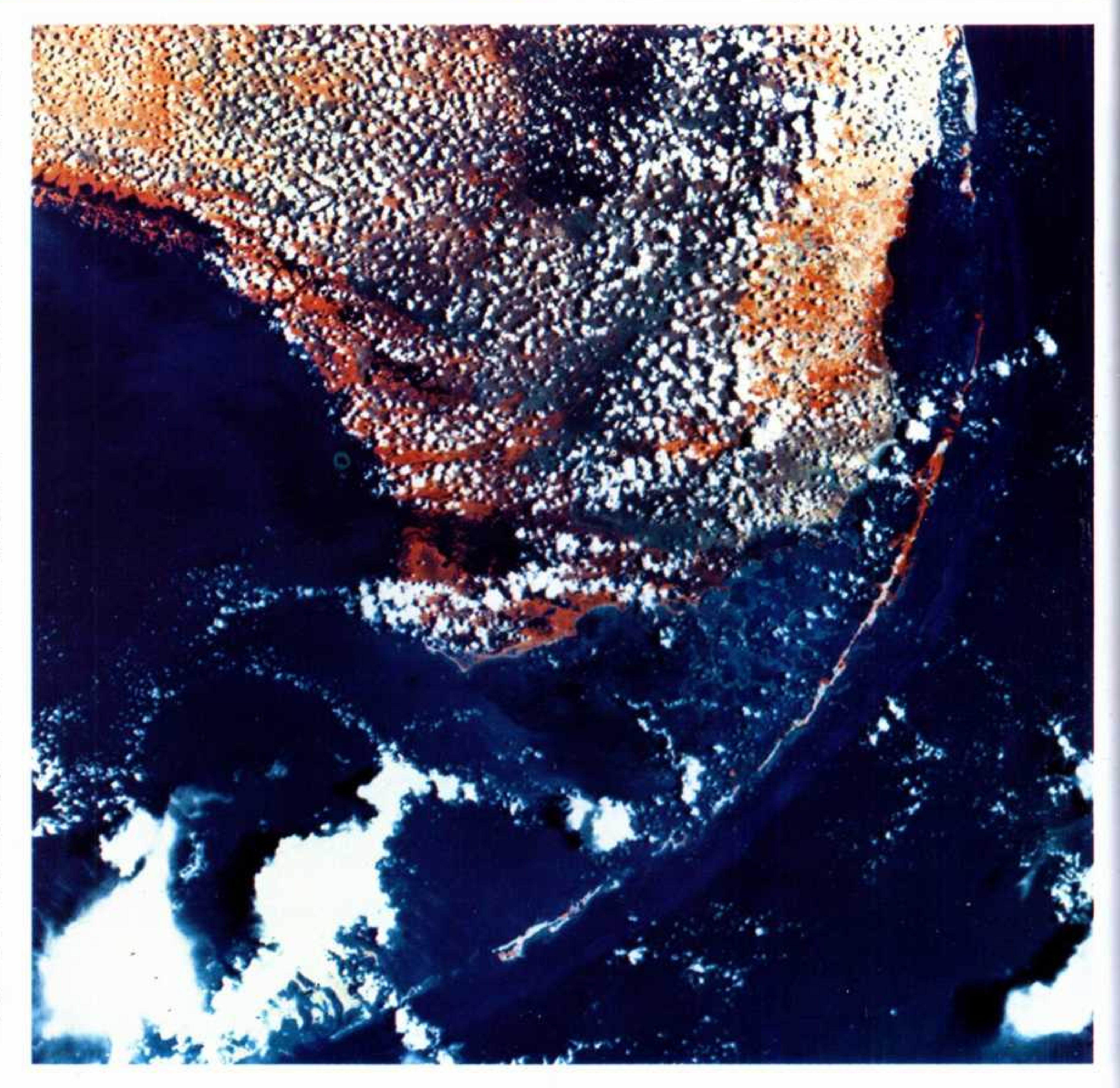






AL igual que el Mediterráneo, el mar Caribe y el golfo de México son cuencas que se comunican con el Atlántico, pero cuyas aguas están lo suficientemente aisladas como para tener características particulares. En realidad, la frontera constituida al Este por la Florida y el arco de las Antillas delimita cinco unidades oceanográficas, a saber (de Norte a Sur): el golfo de México, la cuenca de Yucatán, la cuenca de las Caimán, la cuenca de Colombia y la cuenca de Venezuela.

El mar Caribe tiene el aspecto de un largo canal irregular, cerrado enteramente al Oeste y al Sur, abierto al Atlántico, al Este, por un canal de 1.000 metros de profundidad por lo menos (entre Grenada y Tobago), y medio cerrado al Este por el arco de las Pequeñas Antillas. Estas últimas comprenden, de Sur a Norte, Grenada, Saint-Vicent, Sainte-Lucie, Martinica, Dominica, Guadeloupe, Antigua, etc. El paso de Anegada separa a las Pequeñas Antillas de las islas Vírgenes y de Puerto Rico. Esta última es la menor de las Grandes Antillas, que comprenden la Hispaniola (formada por Haití y la República Dominicana), Jamaica y Cuba. Las cuatro cuencas principales del mar Caribe están delimitadas entre sí por tres dorsales: la de Beata, la de Nicaragua y la de las Caimán.





Las cuencas y los fondos. *El mar Caribe y el golfo de México forman un conjunto de cinco cuencas, delimitadas por el continente, por dorsales sumergidas y por arcos insulares. El punto más profundo se encuentra en la fosa de las Caimán (a −7.689 metros); fue en estos parajes donde el sumergible* Alvin *tomó las dos fotografías superiores. El mapa de los fondos (en la página anterior) muestra la ancha extensión de la plataforma continental a una y otra parte del delta del Mississippi. En la fotografía de abajo de esa misma página: la extremidad meridional de la península de Florida y el arco de los cayos (Keys), de origen coralino. Abajo: las costas septentrionales de Cuba y el Gran Banco de las Bahamas; el azul muy claro del mar pone de manifiesto su poca profundidad; la parte de un azul más intenso, llamada «lengua del océano», alcanza más de 50 metros.*

La cordillera de las islas Aves subdivide a la cuenca de Venezuela en dos subcuencas. El golfo de México posee una estructura más sencilla, sin dorsal. Se comunica con el mar Caribe por el canal de Yucatán, y con el océano Atlántico por los estrechos de Florida.

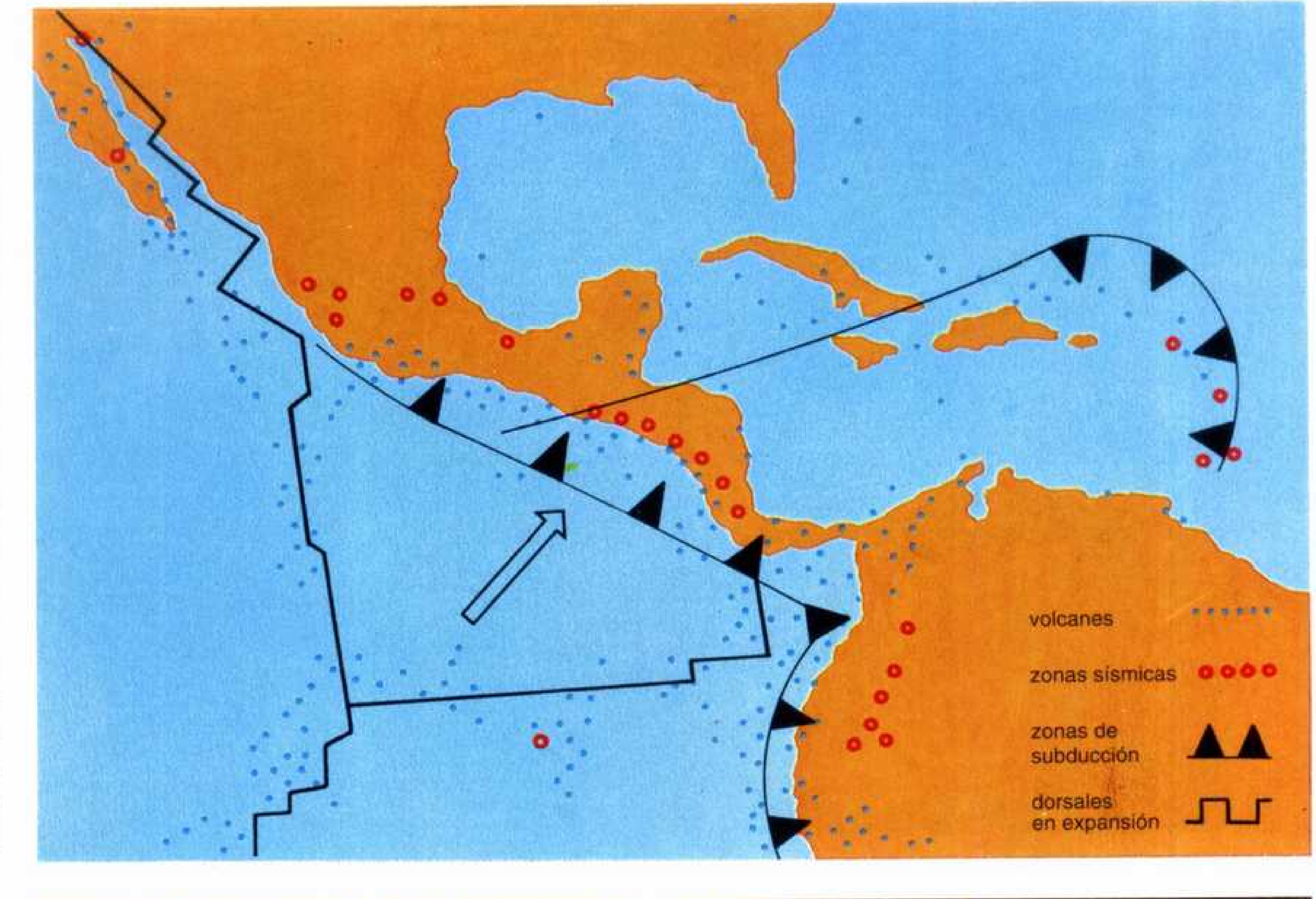
La superficie del mar Caribe es de 2.640.000 kilómetros cuadrados, y la del golfo de México de 1.543.000 kilómetros cuadrados. La profundidad media de ambas cuencas es respectivamente de 2.560 y de 1.512 metros. La profundidad media de las planicies abisales alcanza los 4.400 metros. La máxima profundidad del mar Caribe es de 7.689 metros (en la fosa de las Caimán), y la del golfo de México, de 4.029 metros:

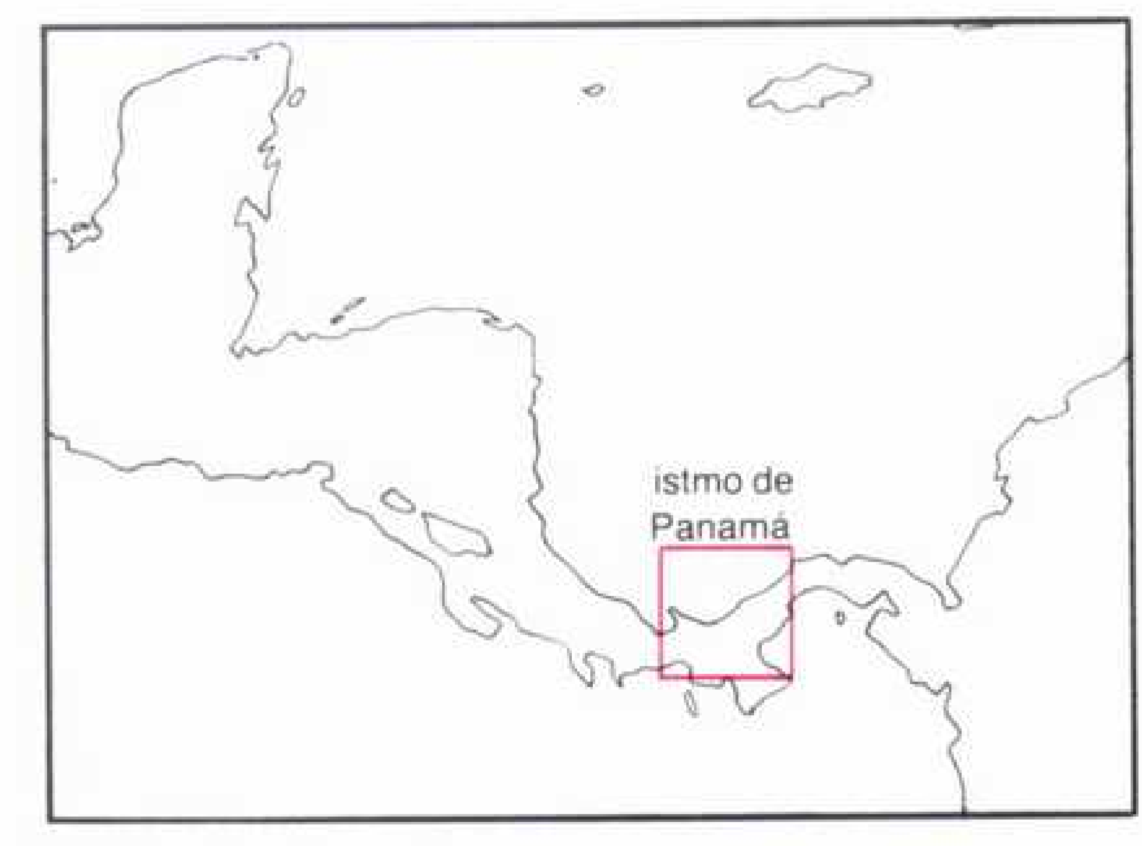
Una gran parte de las aguas superficiales que entran en el mar Caribe proceden directamente del Atlántico a través de los pasos que separan a las Pequeñas Antillas. Su temperatura y su salinidad no difieren, pues, casi en nada de las del Atlántico occidental. El umbral del canal de Yucatán se encuentra a 1.600 metros de profundidad; el de los estrechos de Florida, a 800 metros, y la mayoría de los que separan a las Grandes Antillas, a 1.600-2.200 metros. Se entiende que, en tales condiciones, los intercambios entre el Atlántico, el mar Caribe y el golfo de México sean sumamente intensos.

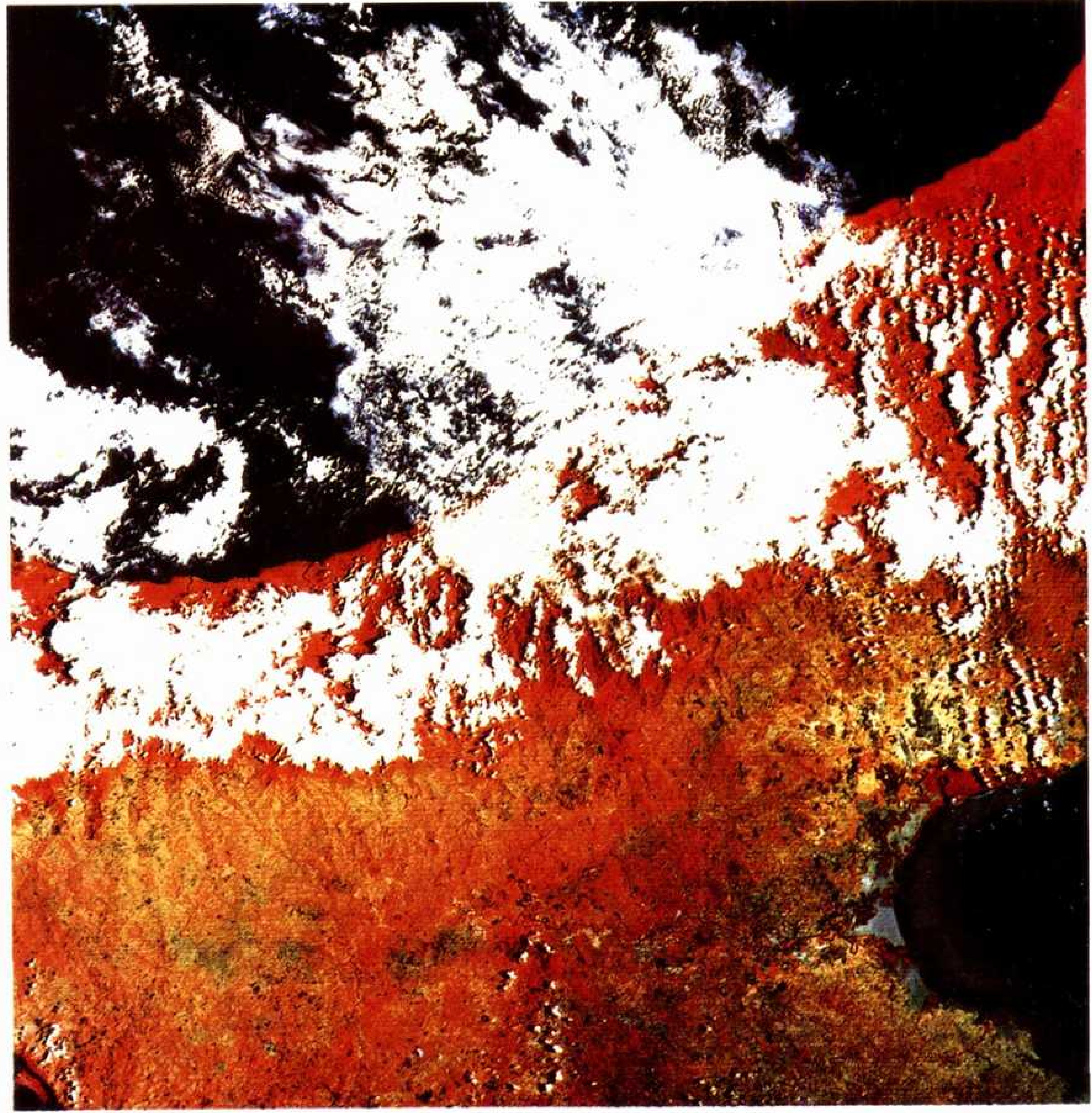
Historia geológica

La historia geológica del mar Caribe y del golfo de México sigue siendo objeto de controversia. Según la teoría de la tectónica de placas, hoy ampliamente admitida, el lecho del mar Caribe puede ser considerado como un fragmento de la placa pacífica, separado de esta última por un sistema de fosas situado justo al oeste del istmo de Panamá. La cuenca se llenó en parte de sedimentos de diverso origen (aluviones fluviales, lodos orgánicos, materiales volcánicos). Toda esta región es escenario de una intensa actividad volcánica. Emparedada, por así decir, entre dos campos de fuerzas, el magma asciende por medio de la dorsal medio-atlántica, empujándola hacia el Oeste; mientras que el que surge por la dorsal oriental del Pacífico la empuja hacia el Este. Ello da lugar a una serie de fracturas y de zonas de subducción. Los volcanes y los terremotos siembran periódicamente muerte y desolación en estos parajes, como ocurrió no hace mucho en Managua.

Justo al este de las Pequeñas Antillas, la corteza atlántica se introduce bajo la placa del Caribe. El vulcanismo que de ello resulta —de tipo andesítico (lava muy viscosa)— tiene algunos de sus máximos exponentes en el volcán de La Soufriére, en la isla de Guadeloupe, y la Montagne Pelée, en la Martinica (cuya erupción, en 1902, destruyó la ciudad de Saint-Pierre y se cobró 28.000 víctimas humanas). Al oeste del istmo de Panamá, la corteza pacífica se hunde bajo la placa del Caribe y provoca la surrección de América Central. Allí, también abundan los volcanes (Ixtaccíhuatl, Popocatépetl y Paricutín, en México; Fuego, en Guatemala, etc.), produciéndose asimismo terribles terremotos. En febrero de 1972, el gran seísmo de Managua, en Nicaragua, arrasó la ciudad, provocó cientos de miles de muertos y levantó la tierra unos tres metros en una sola sacudida principal. Como hace apenas tres millones de años que América del Norte se unió con Amé-







Una tierra agitada. En América Central, la placa tectónica de las Antillas y del istmo de Panamá se encuentra doblemente acuñada: de una parte, por América del Norte y del Sur, que derivan una hacia la otra; de otra, el fondo del océano se hunde bajo ella al Este, y el fondo del océano Pacífico hace otro tanto al Oeste (mapa superior). Las fuerzas tectónicas puestas en juego provocan la surrección del istmo de Panamá (aquí arriba, visto desde satélite), así como numerosas erupciones volcánicas (en la página siguiente, arriba: el lago Atitlán, en Guatemala, formado en un antiguo cráter) y devastadores seísmos (fotografías del terremoto de Managua, en el año 1972).







rica del Sur, no es de extrañar que la actividad tectónica local siga siendo muy intensa.

En cuanto al origen del golfo de México, el misterio continúa. Este accidente geográfico se parece a un inmenso «agujero» abierto en el continente norteamericano. Los estudios sísmicos llevados a cabo han puesto de manifiesto que su piso posee características intermedias entre las de las cortezas oceánicas y las de las cortezas continentales: tiene mayor espesor (20 kilómetros) que las primeras (5 a 8 kilómetros), y es más delgado que las segundas (50 a 60 kilómetros). Además, parece estar formado por varias capas superpuestas.

Cuatro hipótesis intentan explicar su formación. La primera es la más simple, pero también la menos probable: la cuenca tiene un origen continental, y es el resultado de una sumersión.

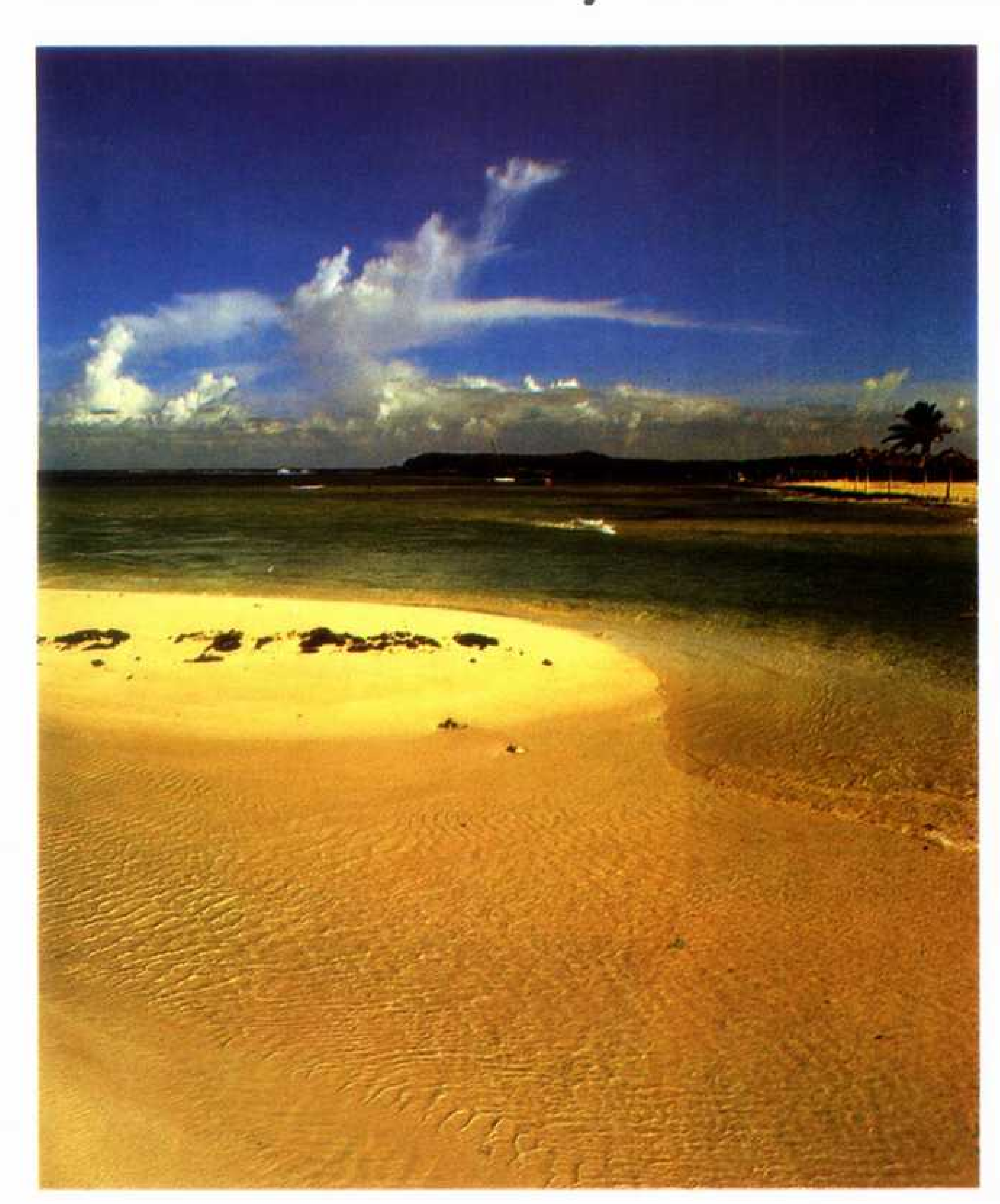
La segunda sostiene también que forma parte de la placa norteamericana, pero que se constituyó como consecuencia de la fragmentación de los márgenes meridionales de esta última.

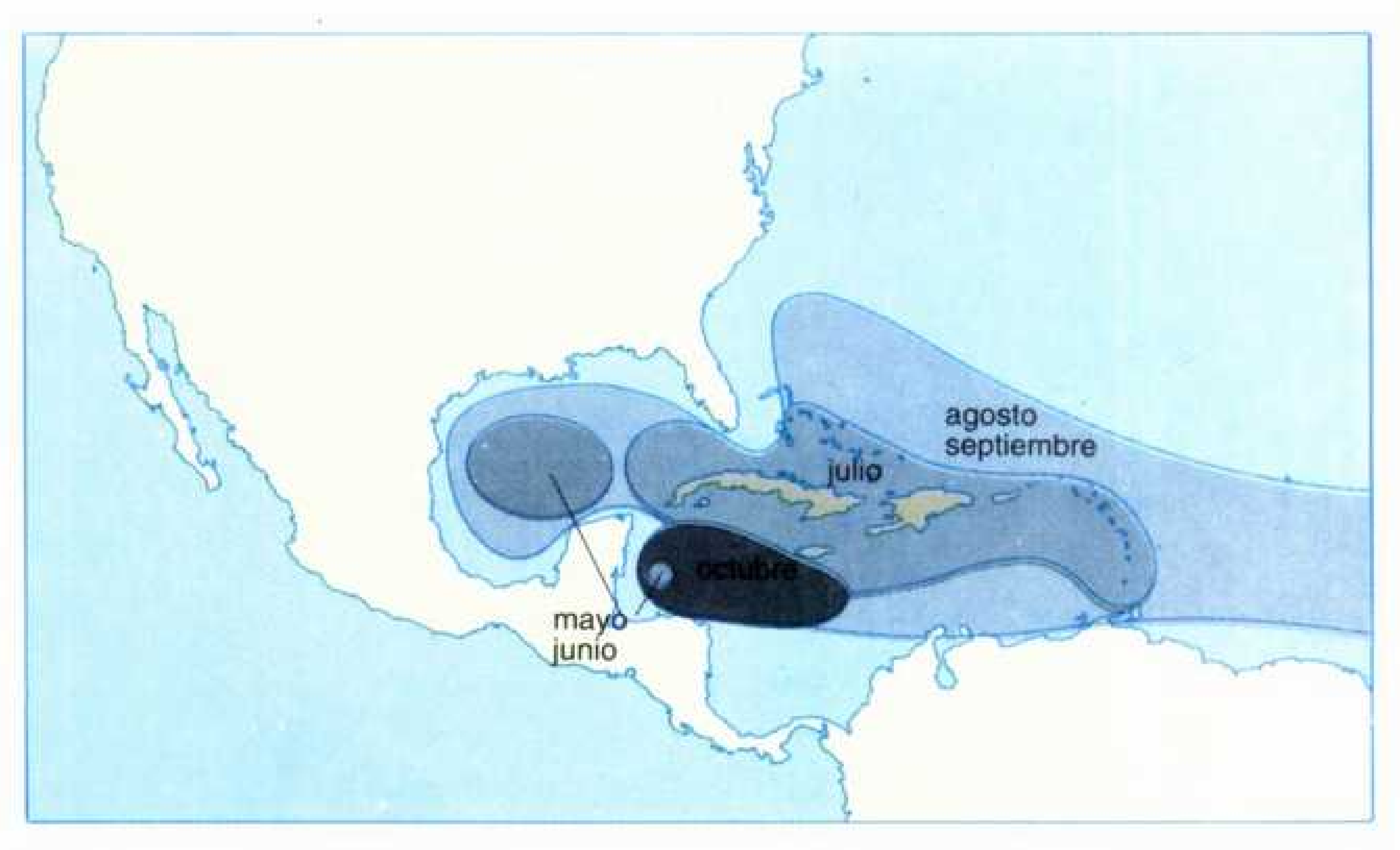
La tercera es más sugestiva: el golfo de México era ya una cuenca marítima antes de la deriva de los continentes, cuando América del Norte estaba soldada todavía con Africa y Europa; y habría seguido a Norteamérica en su migración hacia el Oeste.

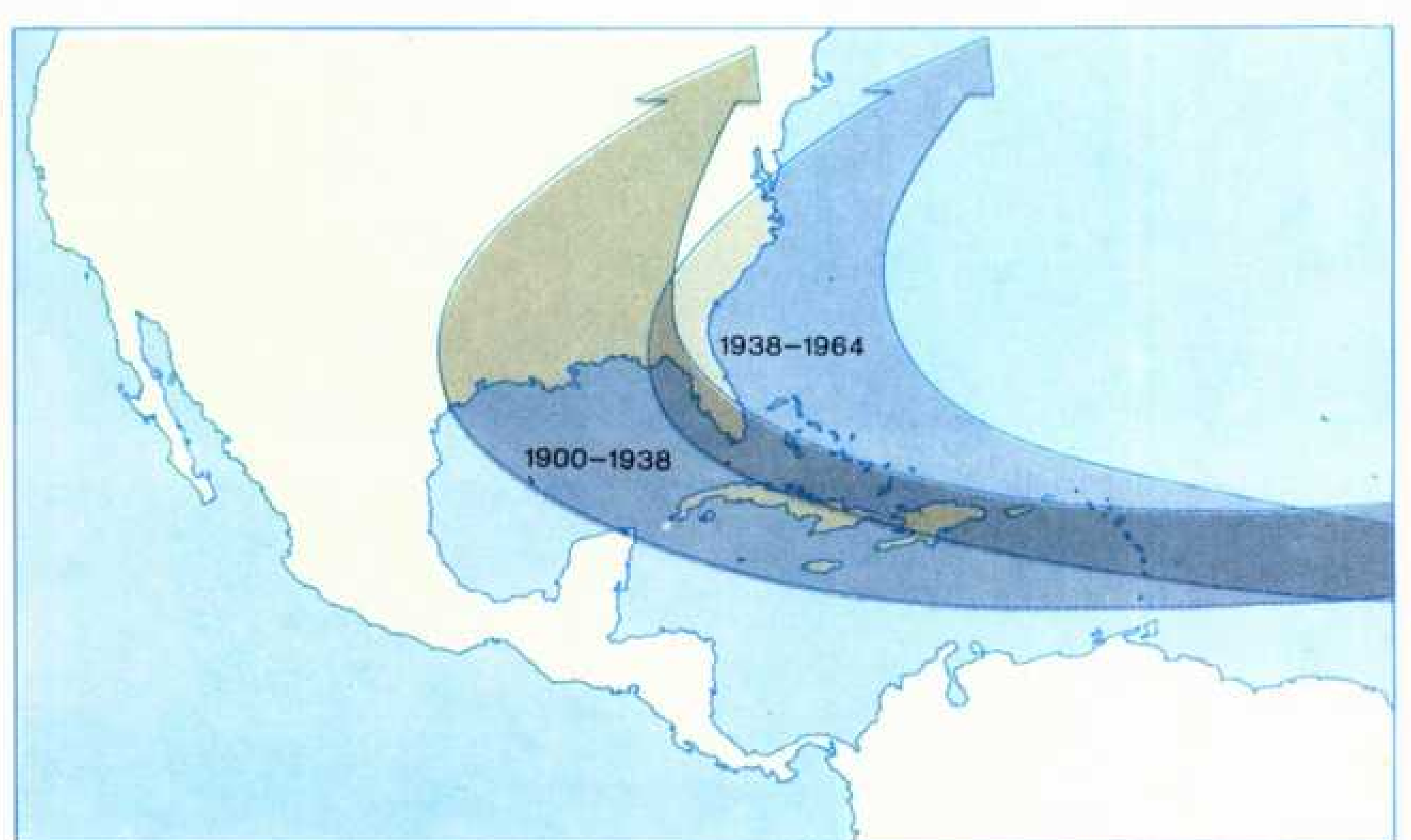
La última explicación es la siguiente: el golfo de México sería una cubeta abierta en la placa norteamericana, como consecuencia de la deriva de los continentes, y se habría hundido más todavía bajo el enorme peso de los sedimentos que recibe (especialmente por parte del Mississippi).

Un elemento aboga particularmente por esta última hipótesis: las perforaciones petrolíferas en alta mar han puesto de relieve que en el fondo del golfo de México existen capas análogas a las que se encuentran en las grandes planicies costeras que se extienden frente a Texas, Louisiana, el estado de Mississippi y el México oriental.

Las corrientes y las mareas







El mar Caribe se encuentra durante todo el año bajo la influencia del sistema de los alisios. El golfo de México, por el contrario, está sometido durante el invierno a los ciclones extratropicales de las latitudes medias. Las masas de aire procedentes del Atlántico tropical son particularmente cálidas y húmedas. Cuando participan en un sistema de anticiclones como el de las Bermudas son relativamente estables. Por el contrario, cuando convergen en la zona de las bajas presiones ecuatoriales se vuelven inestables, y la energía que contienen las transforma en tormentas y borrascas; éstas se manifiestan sobre todo al final del verano en el Caribe occidental.

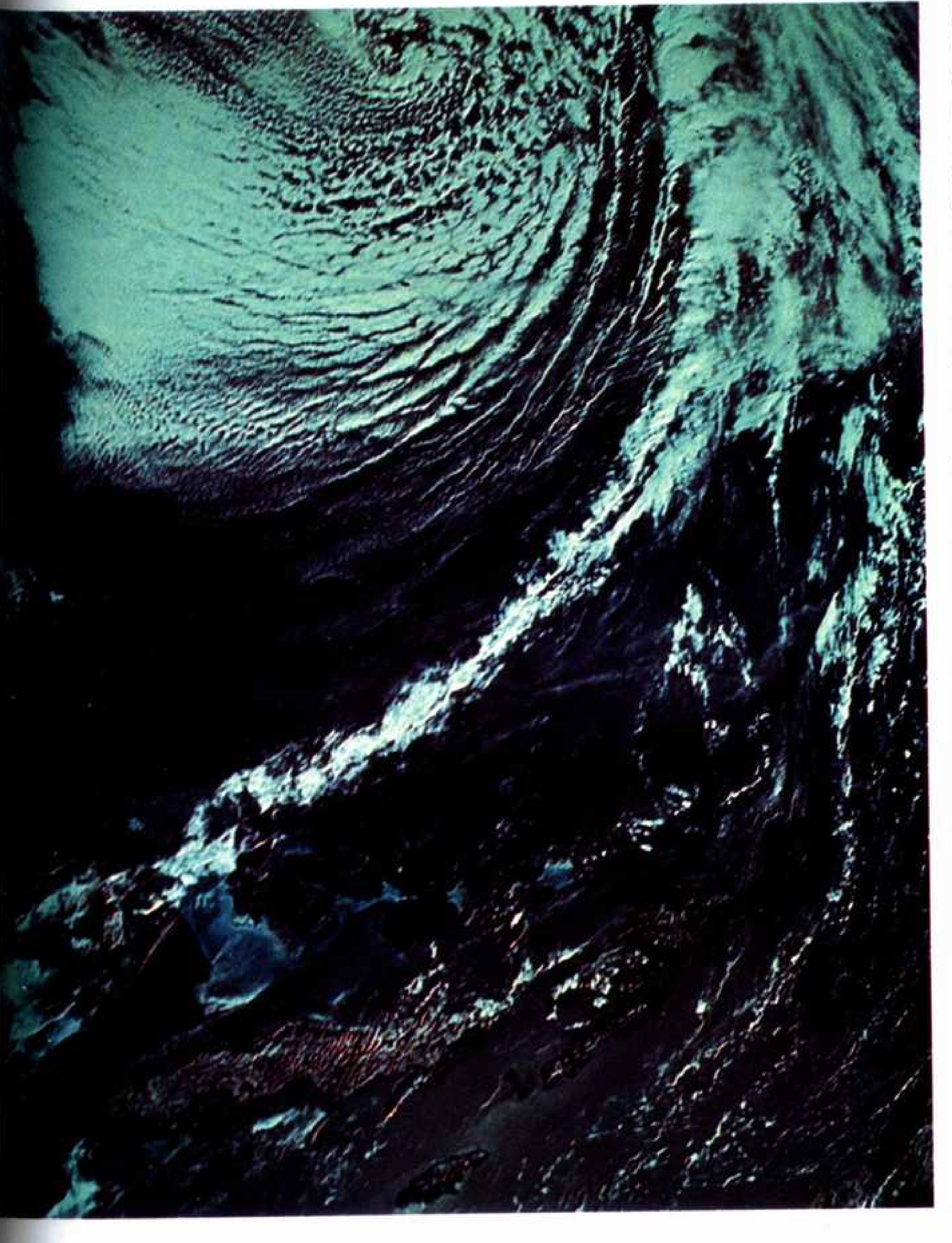
Los fenómenos más característicos —y los más violentos— de la región son los ciclones tropicales, llamados también huracanes o tifones. En la región de los alisios, los sistemas meteorológicos, especialmente las áreas de bajas presiones, tienden a desplazarse hacia el Oeste. Los huracanes se forman cuando el Sol, calentando fuertemente las capas de la atmósfera, provoca una ascensión rápida: se establece entonces sobre el océano una zona de presiones sumamente bajas. Los alisios y la rotación de la Tierra hacen que el conjunto gire (en el sentido contrario a las agujas del reloj en el hemisferio Norte). Los huracanes tienen una potencia considerable. Se desplazan hacia el Oeste arrasando a su paso cultivos y casas. Los vientos soplan a más de 130 kilómetros por hora, salvo en el centro (en el «ojo») del ciclón. La estación de los ciclones comienza en junio-julio, para terminar en octubre-noviembre. En otoño, y puesto que el anticiclón de las Bermudas es menos estable, los huracanes suben más hacia el Norte (Texas, Florida). Una vez sobre el continente, el ciclón se detiene rápidamente, porque no está «alimentado» ya con el aire caliente que se eleva sobre el mar.

Las diferencias de temperatura entre el aire y el agua superficial varían según las estaciones. Durante los meses de invierno —de diciembre a finales de febrero—, el aire es más frío que el agua (la diferencia llega de 0,5 °C a 1 °C, en el mar Caribe, hasta los 3 °C, en la porción nororiental del golfo de México). Durante los meses de verano, el aire está más caliente que el mar. La evaporación es muy importante. En el mar Caribe alcanza el máximo en noviembre, con 5,8 milímetros al día, aproximadamente, y a pesar de las apariencias, la evaporación es mayor en invierno que en verano, pues los vientos son entonces constantes y más fuertes. En el golfo de México, el grado anual de evaporación gira en torno a los 250 centímetros.

Las mareas locales son de débil amplitud. Casi inexistentes en las costas occidental y septentrional del golfo de México, así como a lo largo de las costas meridional y oriental del mar Caribe, alcanzan unos 30 centímetros de amplitud en el litoral de Florida y de las Grandes Antillas, y algo menos en el de las Pequeñas Antillas. A medida que se avanza hacia el Oeste va disminuyendo progresivamente, hasta anularse en el punto «nodal» del canal de Yucatán.

Esto en modo alguno significa que el mar esté tranquilo, todo lo contrario. Las olas de temporal son temibles en especial cuando hay huracán. Arrasan las costas bajas, inundan ciertas islas coralinas y destruyen todo cuanto encuentran a su paso en los puertos. Barcos volcados, casas derrumbadas como castillos de naipes, tal es el desolador espectáculo que a menudo dejan tras de sí.

Numerosos territorios en las Antillas, en México y al sur de Estados Unidos se han visto así golpeados por la desgracia. Periódicamente, los medios de comunicación se hacen eco del devastador paso de un ciclón, con su cortejo de daños y víctimas humanas. No hace mucho, la Dominica fue asolada por un ciclón, destruida la agricultura y devastados los puertos. Pero la mayor catástrofe registrada en este campo fue la de Galveston, Texas, el 8 de septiembre de 1900: aquel día, un huracán de prodigiosa potencia levantó una ola de temporal de 4,3 metros de altura, que penetró varios kilómetros tierra adentro y registró el trágico balance de 6.000 muertos.



Una región de huracanes. *El mar Caribe es una zona de intensa evaporación (en la página anterior, a la izquierda: formaciones nubosas sobre isla Mujeres, muy cerca de Yucatán). Recibe también grandes cantidades de precipitación, sobre todo cuando llegan los grandes ciclones tropicales que se forman sobre el Atlántico y que avanzan en torbellino hacia el Oeste (aquí al lado). La llegada de los huracanes no se produce al mismo tiempo en todos los puntos de la región (mapa de la página anterior, arriba). Se han observado incluso variaciones en sus trayectorias habituales desde principios de siglo (mapa inferior). Estos tifones van acompañados de vientos que soplan a más de 300 kilómetros por hora y de catastróficas olas de temporal (abajo, en Key West, en Florida). Los tornados, o trombas marinas, tienen un origen distinto: nacen sobre tierra y se desplazan hacia el mar (arriba), donde, por fortuna, acaban por desaparecer: se «apagan».*



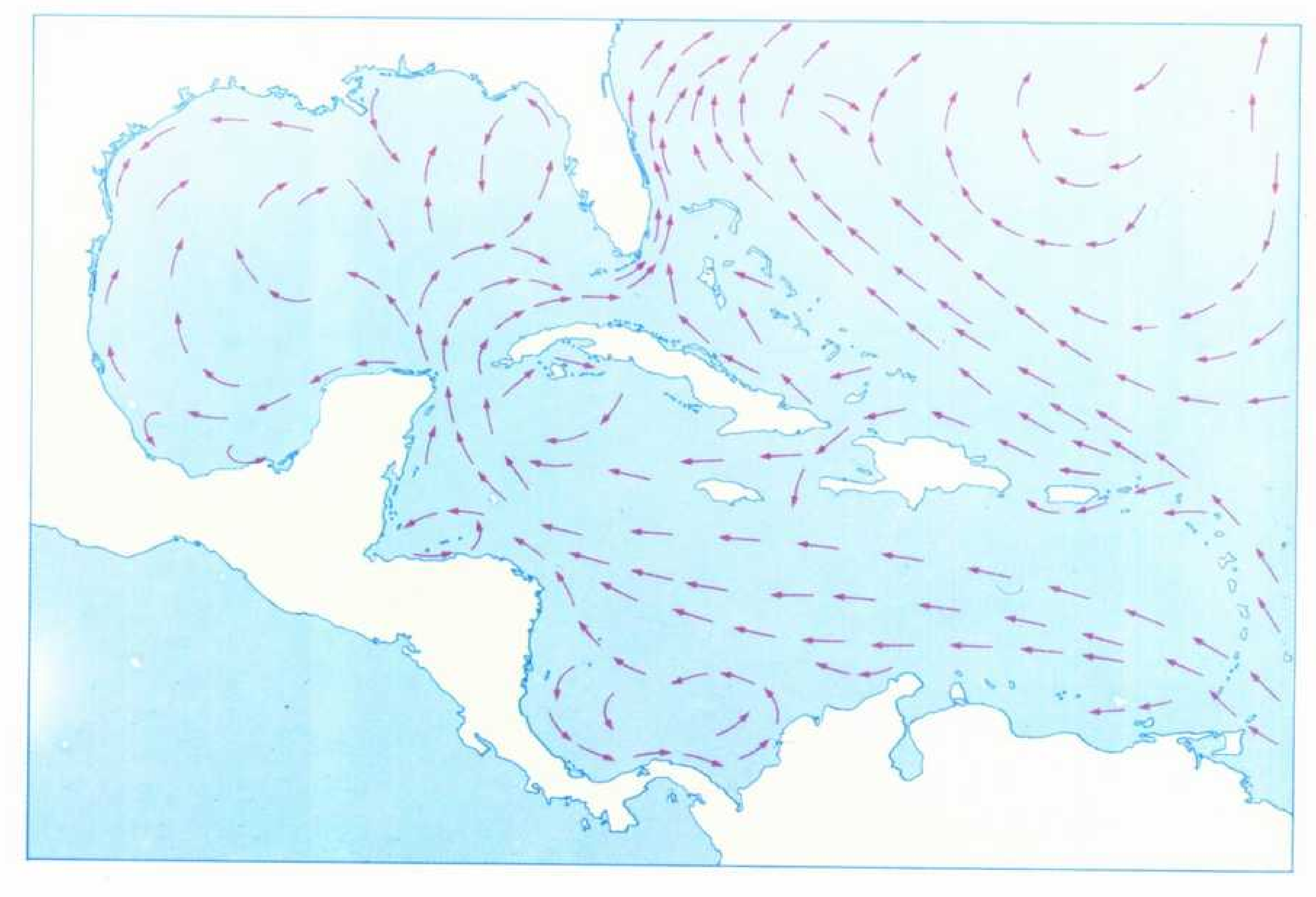
Las corrientes y la circulación

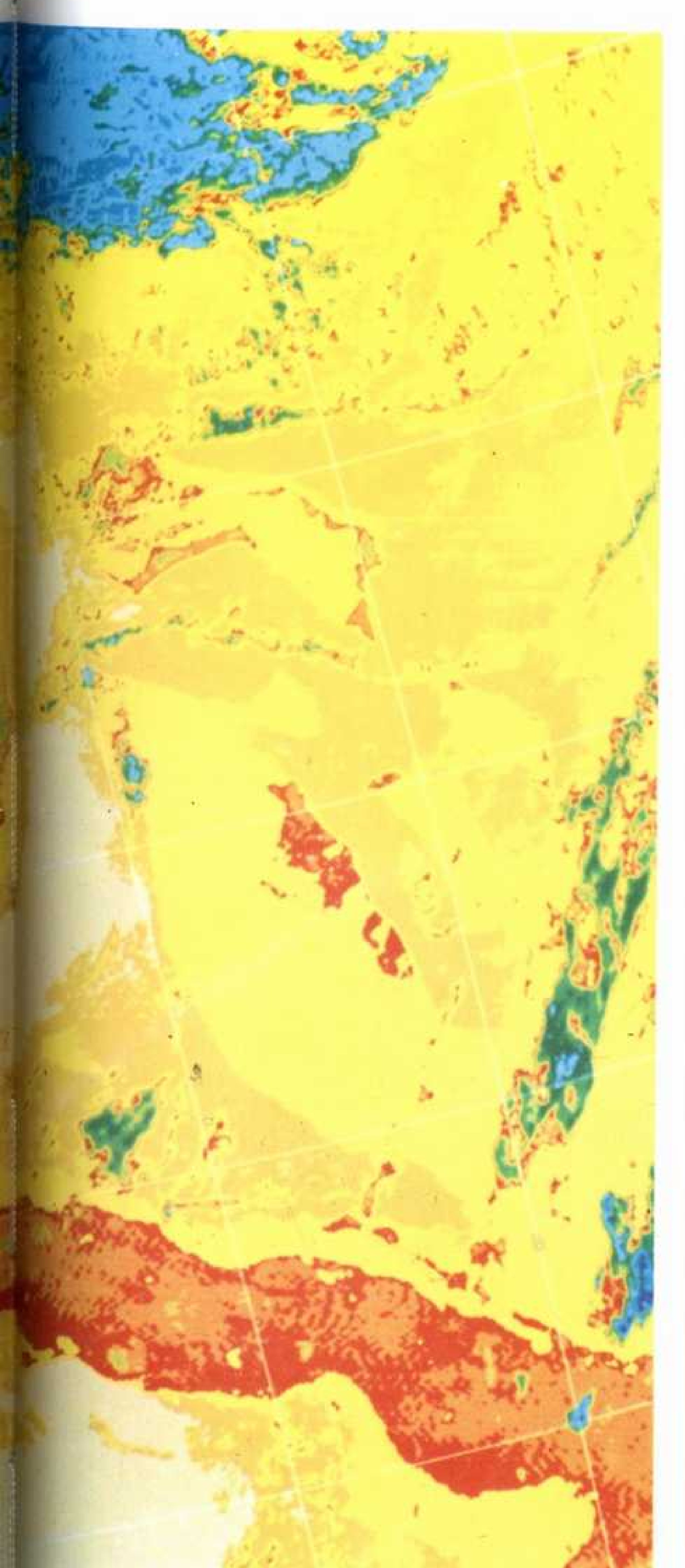
En el mar Caribe, el agua superficial y el estrato acuático de los primeros 1.000 metros de espesor pueden ser considerados como extensiones de la corriente de Guayana y de una parte de la corriente norecuatorial, las cuales penetran en él por los pasos de las Pequeñas Antillas. En los parajes del Caribe occidental, los alisios —sometidos ellos mismos a los efectos de la fuerza de Coriolis (debida a la rotación terrestre)— provocan una desviación de los flujos hacia el Norte, siguiendo un itinerario que lleva directamente hacia el sur de Estados Unidos. Allí se produce una ascensión de las aguas procedentes de las profundidades (desde más de 200 metros): las materias orgánicas enriquecen el biotopo marino y hacen de estos lugares una zona muy rica en pesca. Cuando las aguas en movimiento han superado el canal de Yucatán, y algunas han entrado en el golfo de México, se organizan en una corriente muy coherente, de 200 kilómetros de anchura, que avanza a unos siete kilómetros por hora y que gira en el sentido de las agujas del reloj antes de precipitarse hacia los estrechos de Florida: es la corriente del Golfo, o Gulf Stream.

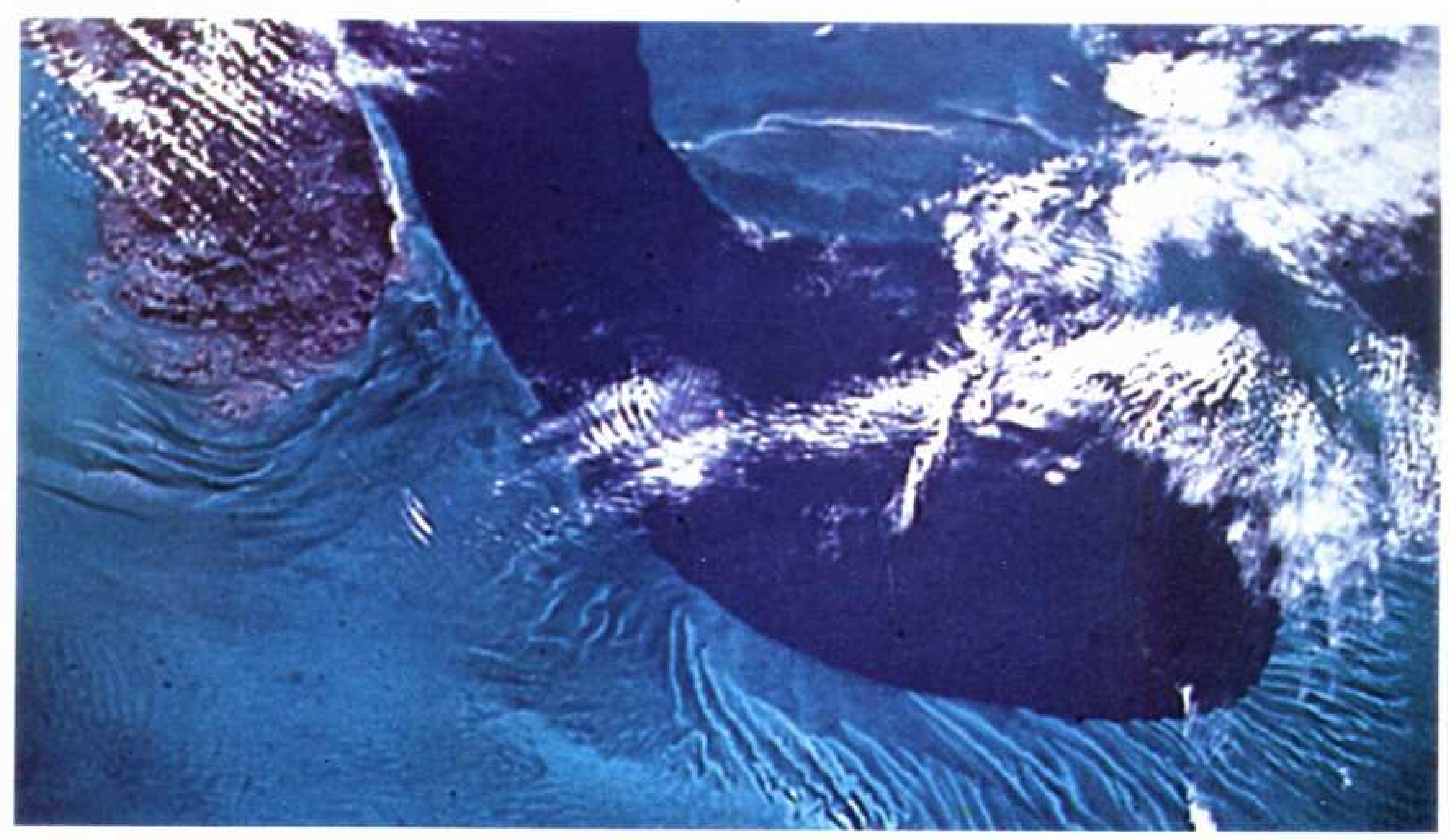
En realidad, en el golfo de México la cosa no es tan sencilla: surgen corrientes secundarias, y la corriente principal se escinde en ramales que se contraponen, se refuerzan mutuamente, etc. La corriente única que logra escapar de esta «trampa» se constituye así en una de las más poderosas y mejor individualizadas del globo.

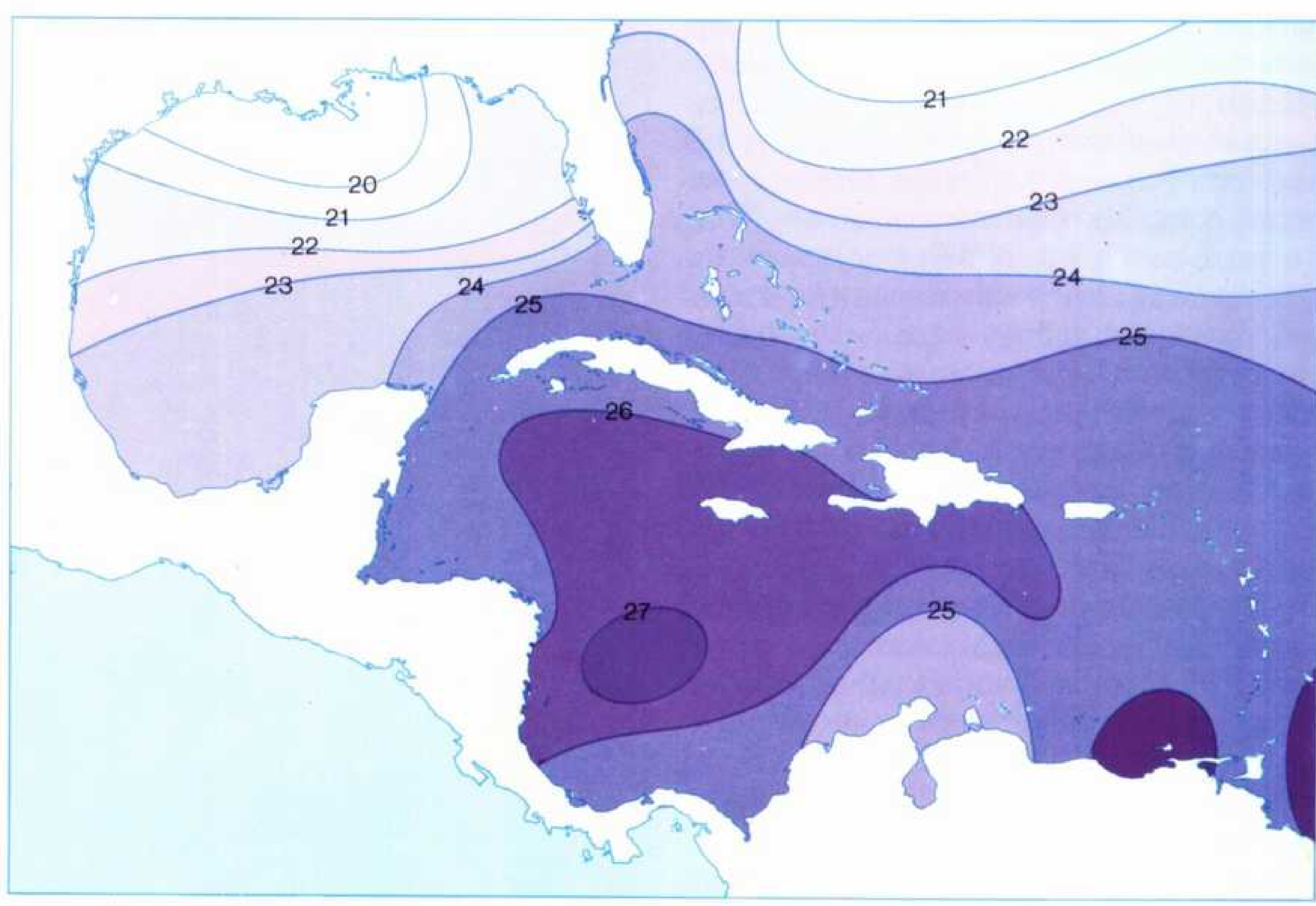
En el mar Caribe, las temperaturas del agua son típicas de las zonas tropicales: los 50 primeros metros se mantienen durante todo el año en torno a los 25 °C. Cuando se desciende se observa una caída rápida del termómetro, especialmente entre los 100 y los 200 metros de profundidad. A 1.500 metros, la temperatura es uniforme y equivale a la de casi todos los grandes fondos del mundo: 4 °C.

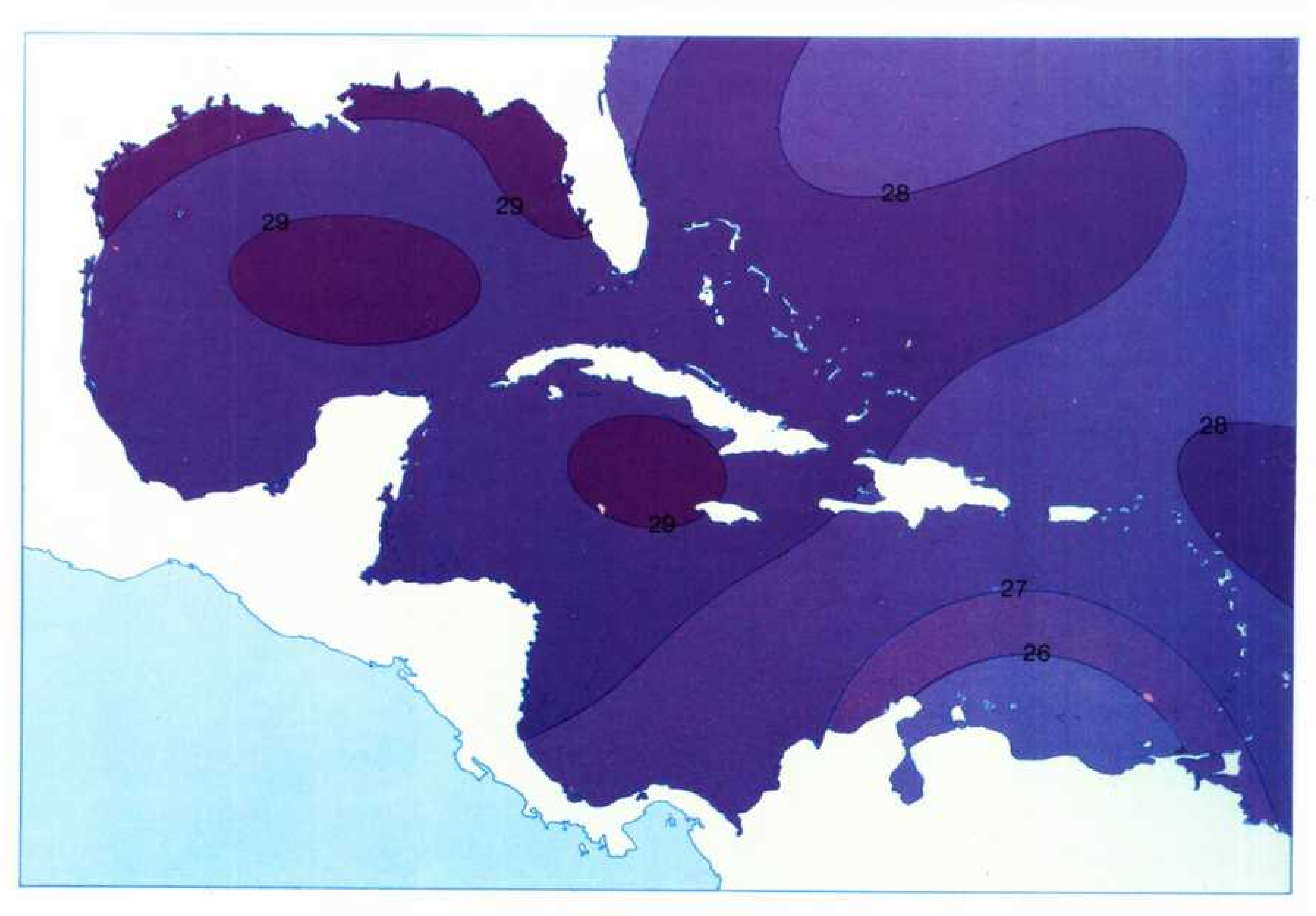
Como el golfo de México está más al Norte, las variaciones termométricas que experimenta el agua son también mayores. La amplitud entre las medias del mes más cálido y las del mes más frío es de 4 °C en el canal de Yucatán, y de más de 9 °C en los estrechos de Florida. Al removerse constantemente las aguas, por efecto de las corrientes, las temperaturas en superficie y en profundidad se unifican más que en el mar Caribe. El caudal de estos «ríos en el mar» es, en efecto, enorme: se calcula que el flujo que pasa por el canal de Yucatán alcanza los 30 millones de metros cúbicos por segundo. Esta corriente discurre a 10 kilómetros por hora. La flora y la fauna tienen que adaptarse a la fuerza del agua, razón por la cual el bentos está sólidamente anclado.











Las corrientes y las temperaturas. *La corriente de Guayana y una parte de la corriente norecuatorial del Atlántico penetran en el mar Caribe a través de la «rejilla» de las Pequeñas Antillas (mapa de la izquierda, abajo). La corriente pasa por el canal de Yucatán, se introduce en el golfo de México, donde gira en remolino, y luego resurge por los estrechos de Florida: se convierte, así, en el Gulf Stream. En la fotografía «térmica» obtenida por el Nimbus V se aprecia muy bien, en amarillo pálido, las aguas más calientes de la corriente del Golfo, cuando recorren las costas de Cuba. Tales mapas son muy valiosos porque muestran (aquí, en azul y en verde) las zonas de ascensión de las aguas profundas, propicias para la pesca. Fotografía de arriba, a la derecha: la «lengua» de mar profundo que se insinúa en el Gran Banco de las Bahamas. A la derecha: las temperaturas superficiales del agua en invierno (arriba) y en verano (abajo). Puede apreciarse que varían cerca de tierra.*

Los recursos económicos

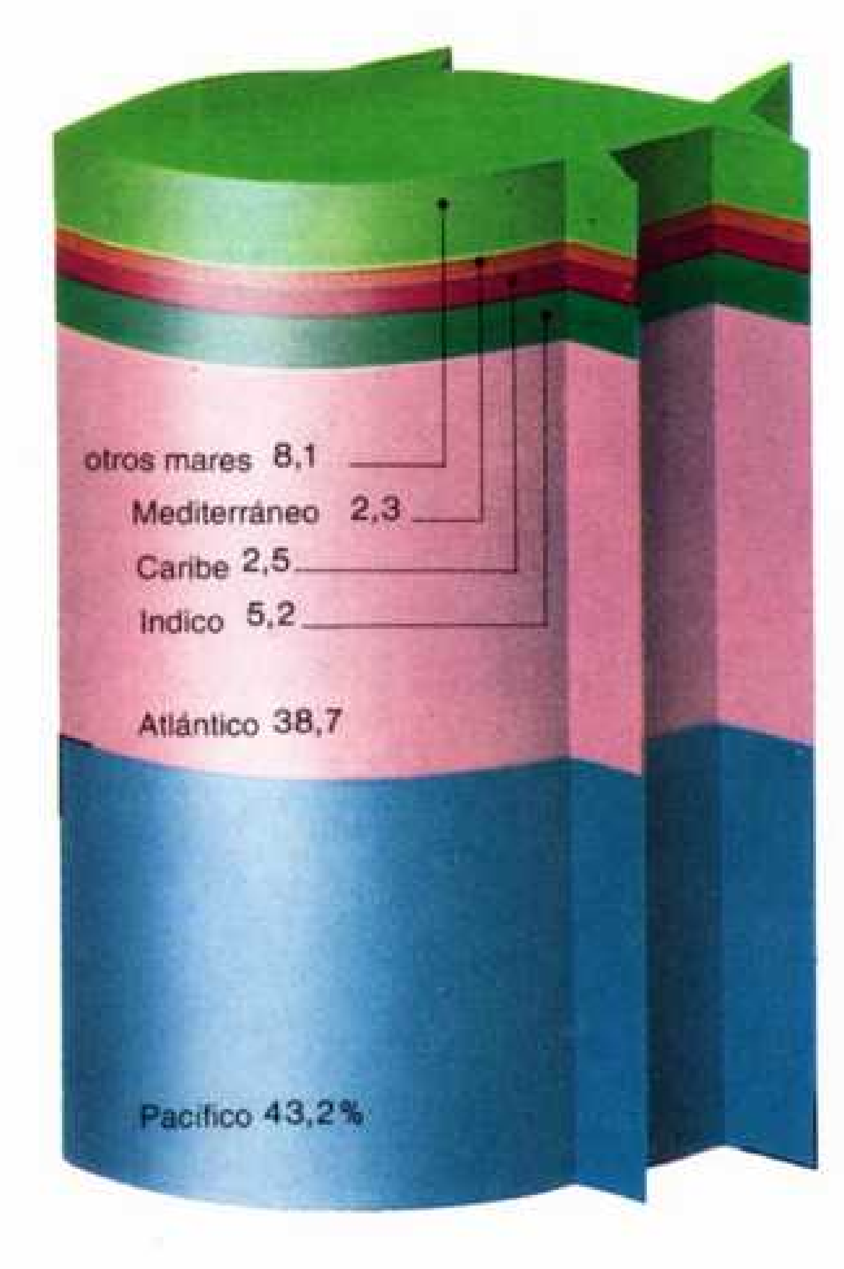
En general puede decirse que el mar Caribe es más bien pobre en recursos biológicos, por tres razones: las muy escasas ascensiones de aguas profundas; una plataforma continental sumamente angosta, que no permite la existencia de amplias praderías litorales, y que por lo demás está separada de alta mar por barreras coralinas; finalmente, la escasa cantidad de sustancias nutritivas que aportan los ríos. En diversos lugares, sin embargo, donde se producen precisamente ascensiones de las aguas profundas, ricas en nutrientes, se observan regiones favorables para la pesca. Esto ocurre, por ejemplo, no lejos de Yucatán, así como frente a las costas de Venezuela y de Guayana, donde abundan el boquerón, la gamba y la langosta. Los meros, que emigran cada año para reproducirse, constituyen una riqueza de los arrecifes coralinos de Belice. El golfo de México es famoso sobre todo por sus gambas (localmente llamadas camarones), así como por algunas especies de peces, como los menhadens o lachas. Entre las islas de las Antillas se capturan igualmente muchos crustáceos (en especial, langostas y bogavantes), así como atunes y otros «grandes» (marlín, pez espada, pez vela, etc.). La pesca industrial coexiste con una pesca local bastante activa (de los productos del mar viven en gran medida las poblaciones pobres de las Antillas).

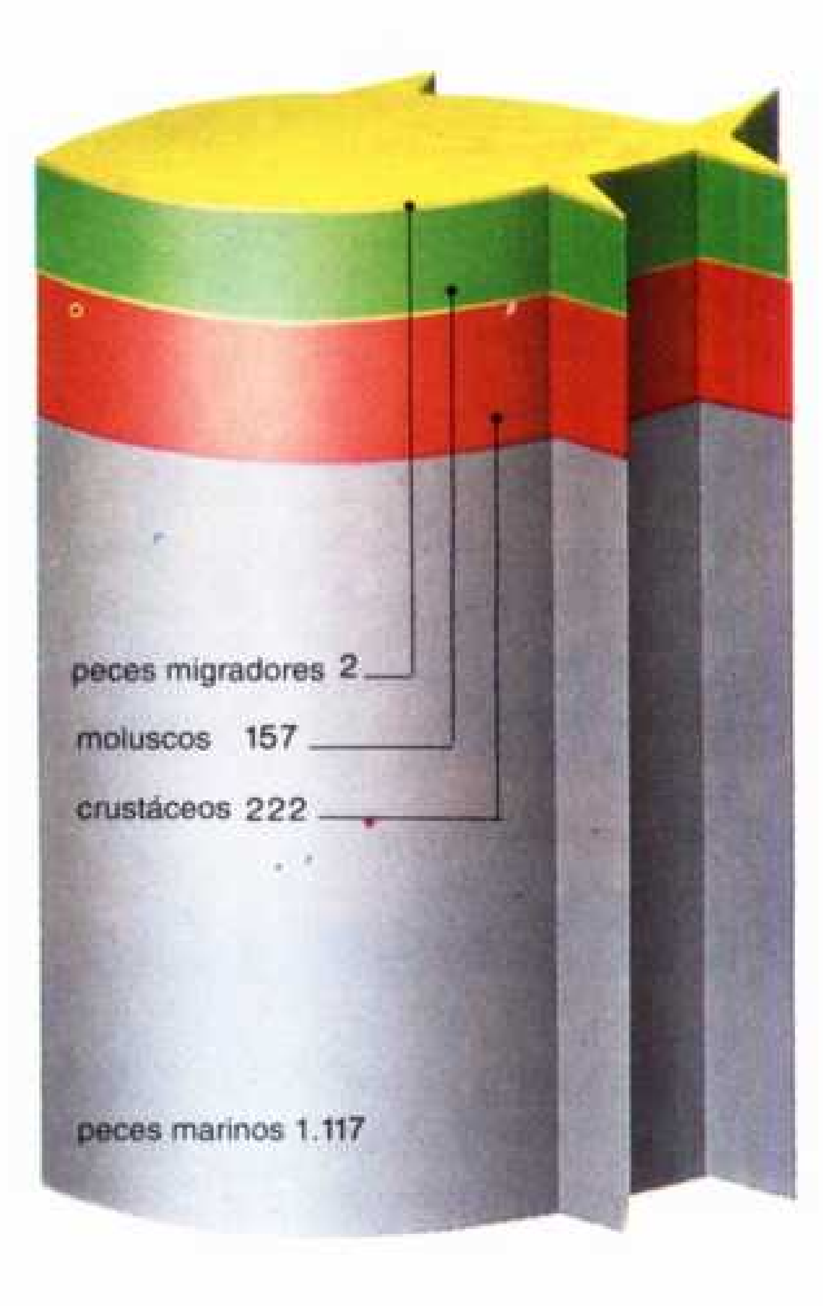
Desde el punto de vista geológico, el mar Caribe y el golfo de México tienen una compleja historia. Con lo cual se ven favorecidos la sedimentación y los depósitos metalíferos. En el fondo del agua existen extensos geosinclinales, en los que millones de toneladas de detritos orgánicos se han ido transformando lentamente en hidrocarburos, esto es, en petróleo y gas natural. Los yacimientos más abundantes se encuentran en las aguas



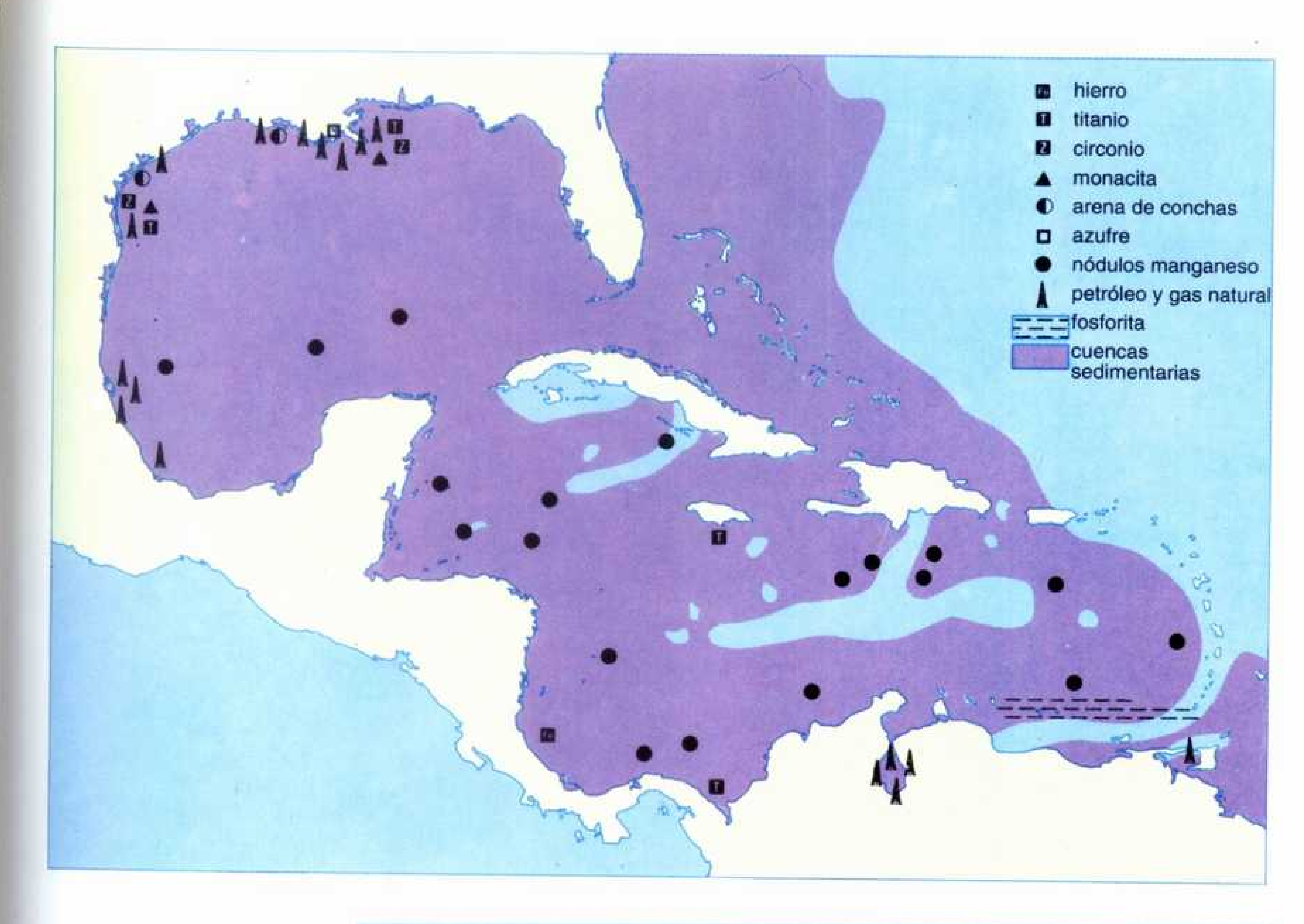








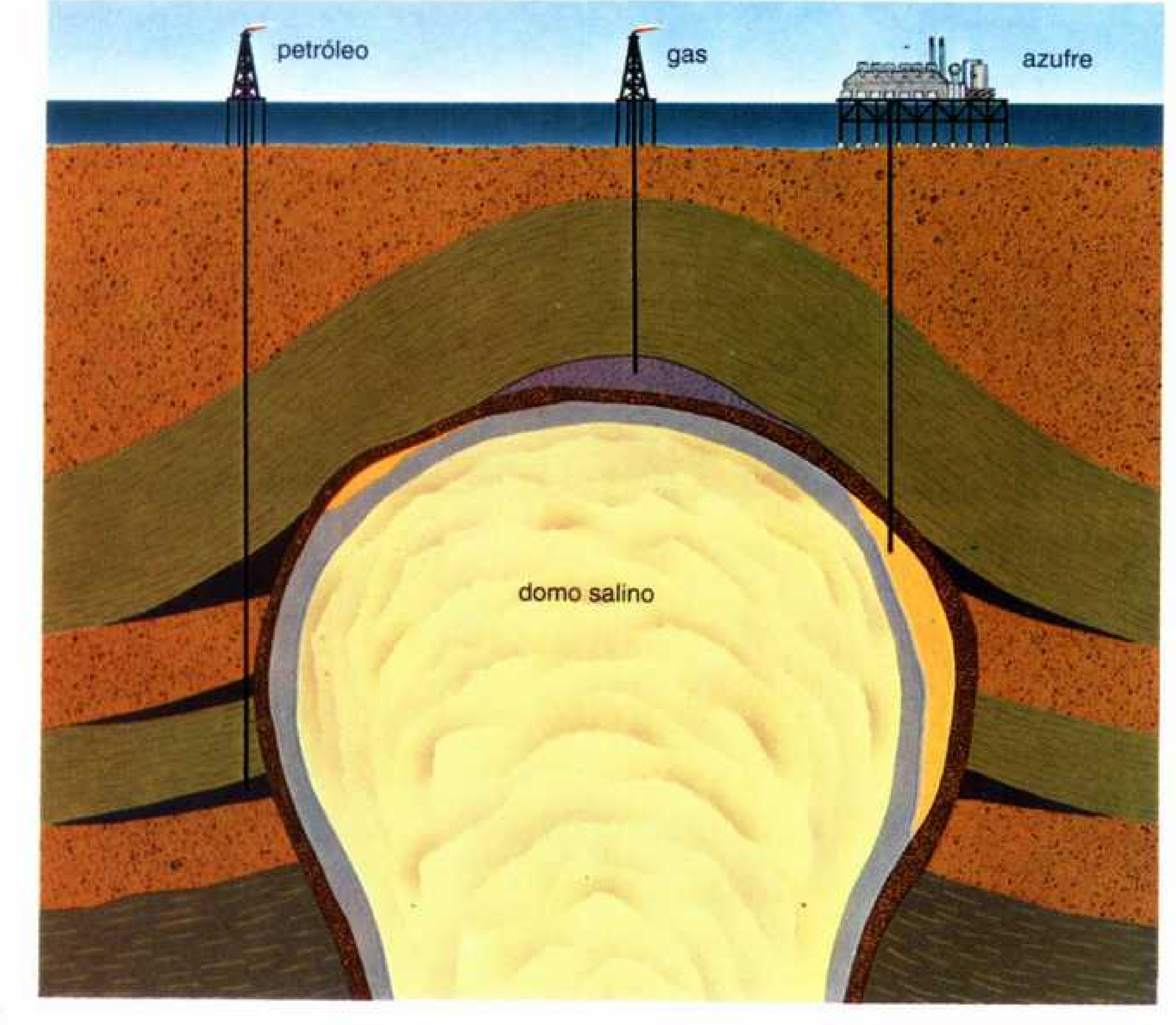
La pesca. *La escasez de sustancias nutritivas y las barreras de coral no propician la pesca industrial en el mar Caribe y el golfo de México, aunque la pesca artesanal dé de comer a muchas poblaciones (mapas de arriba). Los diagramas de al lado muestran la importancia de las actividades pesqueras en otros mares (a la izquierda) y en conjunto (en miles de toneladas, a la derecha). Fotografía de la izquierda: pesca del atún en Martinica.*



territoriales de Louisiana, Texas, México (desde la zona de Tampico hasta Yucatán) y Venezuela (lago de Maracaibo). De todos los países petroleros del mundo, se sabe desde hace poco que uno de los más ricos es México, gracias especialmente a sus yacimientos en alta mar (Sonda de Campeche, etc.). Ciertos cálculos establecen que las reservas de este país son de magnitud comparable a las de Arabia Saudí. Venezuela, gran productor y gran exportador de crudo, posee probablemente otros grandes campos marinos aparte del lago de Maracaibo. En Estados Unidos, los recursos de Louisiana, menospreciados durante mucho tiempo, parecen ahora tan importantes por lo menos como los de Texas. Otros yacimientos de buen tamaño se localizan igualmente en mares locales. En Trinidad, por ejemplo, los marinos utilizan desde hace siglos un depósito de asfalto para calafatear sus embarcaciones.

En general, los yacimientos de hidrocarburos locales están asociados a domos salinos que encierran bolsas de gas natural o de petróleo aprisionadas por capas geológicas impermeables, encuñadas frecuentemente por cúpulas de cloruro de sodio. Estas cúpulas propician también los depósitos de otros minerales de gran interés económico, especialmente de azufre (la primera mina de azufre *offs hore* se abrió en 1960, frente a la costa de Louisiana), de potasio y de magnesio.

Otras estructuras geológicas locales favorecen las concentraciones minerales. Así, se encuentran depósitos de titanio, de circonio, de monacita, etc., en lugares del noroeste del golfo de México. En las plataformas continentales de Costa Rica y de Colombia se encuentran, respectivamente, hierro y titanio, mientras que cerca del litoral meridional de Cuba y de Haití se han descubierto acumulaciones aluvionales de cromita y de titanio.



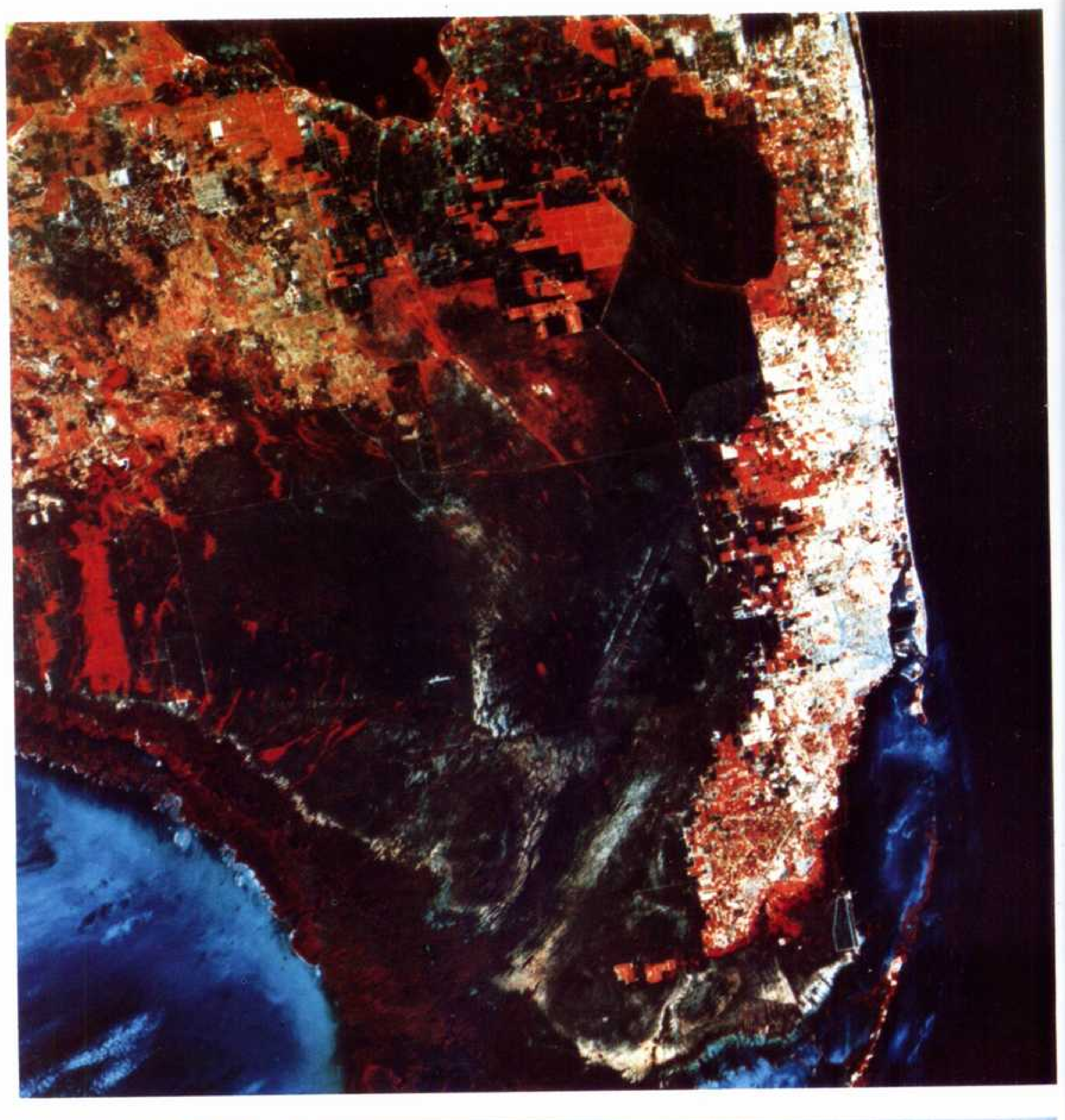
Una importante región petrolífera. *En el delta del Mississippi, a lo largo de las costas de Texas y del lago Maracaibo, en Venezuela, se concentran enormes yacimientos de hidrocarburos. Pero los depósitos más abundantes se localizan en las costas mexicanas del golfo de México (mapa superior). Los hidrocarburos acompañan frecuentemente a los domos salinos (esquema de la derecha). Abajo: depósitos de almacenamiento de la isla Bonaire, una de las Antillas Holandesas.*



Playas y costas

Las costas del golfo de México y del mar Caribe apenas si se parecen. Las primeras son esencialmente bajas y arenosas, mientras que las segundas ofrecen gran variedad de paisajes pintorescos, especialmente rocosos.

Todo el contorno del golfo de México, desde Florida a Yucatán, pasando por Louisiana, Texas, el México septentrional y la bahía de Campeche, consiste en una larga sucesión de playas de arena entrecortadas por albuferas litorales. Es el imperio de las lagunas, de los rosarios de islas a lo largo de las costas, de los cordones litorales y de los pantanos, a veces cubiertos de manglares. Estas estructuras costeras se asientan sobre una base de sedimentos recientes. En Florida, los más hermosos paisajes son indiscutiblemente los de las inmensas marismas de los Everglades, frecuentadas por aligatores, mocasines acuáticos y garzas. En Louisiana, el lugar más característico es el que constituye el delta del Mississippi, en forma de «pata de ave», donde el gran río del continente norteamericano acarrea millones de toneladas de aluviones que sus afluentes le aportan desde los Apalaches y las montañas Rocosas. En Texas, el paisaje más sorprendente es el de la laguna Madre, detrás de la isla del Padre: mide más de 160 kilómetros de longitud, y entre ocho y 16 kilómetros de anchura. Se comunica con el mar abierto por una serie de pasos estrechos y peligrosos para











Un rosario de islas. *Arriba: una vista desde satélite de la laguna Madre y de la isla del Padre, con más de 160 kilómetros de longitud, a cuya orilla se levanta la ciudad tejana de Corpus Christi. Aquí, a la derecha: una vista en falsos colores del delta del Mississippi desde el satélite* Landsat; *se aprecia perfectamente el penacho de aluviones que el río vierte en el golfo de México. En la página anterior, arriba: una parte de Florida desde satélite, abarcando especialmente la inmensa zona pantanosa de los Everglades. En el centro: vegetación típica de manglar. Abajo y a la izquierda: dos vistas de los Everglades, paraíso de aligatores, de serpientes de agua (mocasines acuáticos) y de las aves.*

la navegación, el más importante de los cuales da acceso a las instalaciones portuarias de Corpus Christi.

Es, con mucho, la principal región de pesca de gamba o camarón en Estados Unidos. La costa de México posee, asimismo, una laguna Madre, de menores dimensiones. Como Florida, Yucatán está también constituido por material calcáreo, y su litoral se ve entrecortado frecuentemente por acantilados de origen coralino, que se constituyeron en el Pleistoceno. En algunos lugares, grandes formaciones de manglares recuerdan a los Everglades y anuncian la exuberante vegetación del interior de la península.

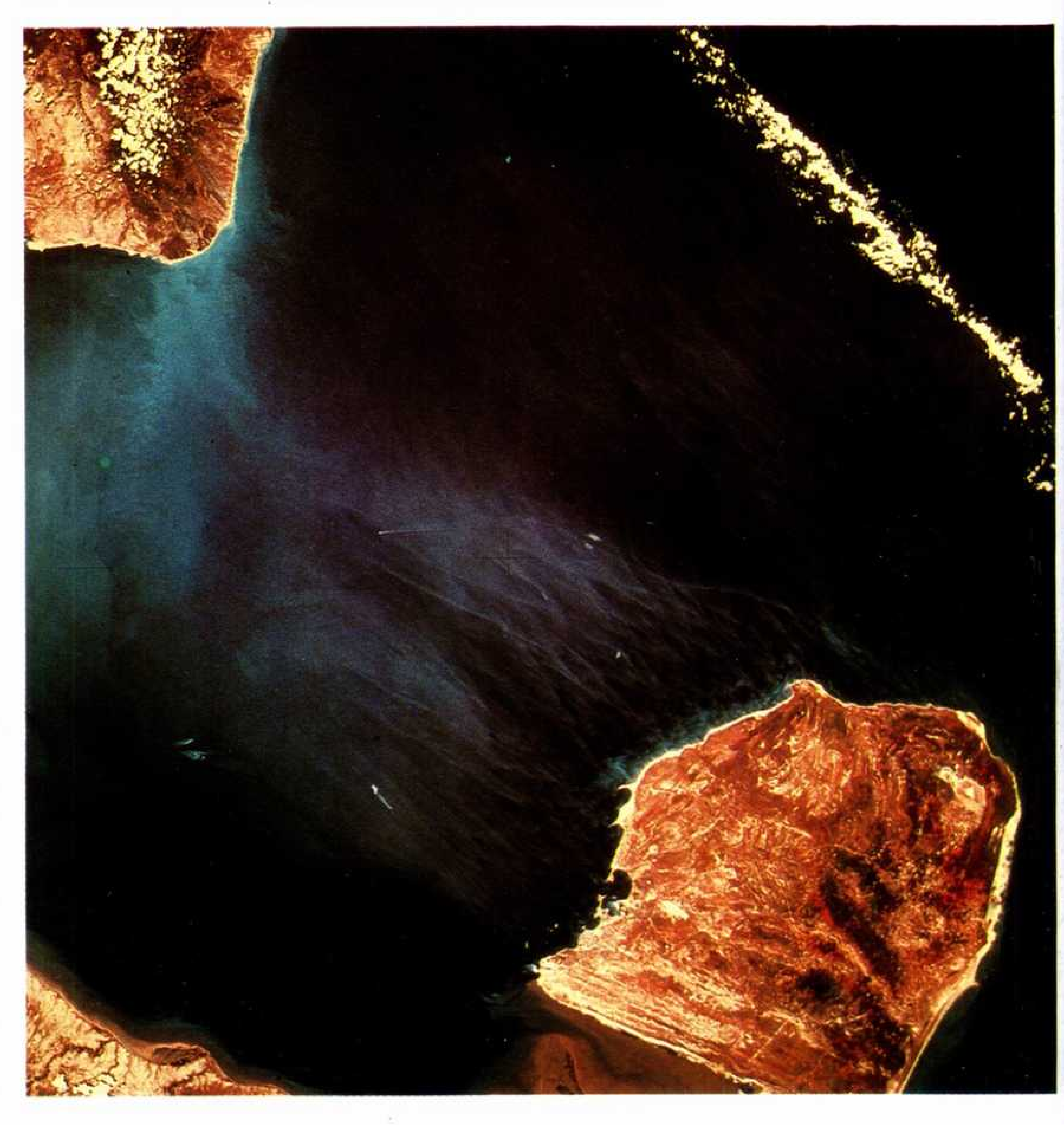
En el margen occidental del mar Caribe (desde Belice a Panamá, pasando por Honduras y Nicaragua) se encuentran extensas porciones de costa baja, arenosa o pantanosa. Pero también, acá y allá, aparecen los acantilados. Estos son más frecuentes al este de Barranquilla, en Colombia, y más todavía al este del lago de Maracaibo, en Venezuela; en ambos casos corresponden a avanzadas de la cordillera de los Andes en dirección al mar.

Frente a las costas de Belice existe una barrera coralina de varios cientos de kilómetros de longitud donde proliferan los meros, los peces ángel, los peces maripo-

Las costas del Caribe. Algunas son de origen coralino (a la derecha: un fragmento del gran arrecife de Belice; abajo: una península cubierta de árboles cerca de Jamaica); otras están hechas de materiales volcánicos; otras, finalmente, significan la salida hacia el mar de la cordillera de los Andes (abajo, a la derecha: entrada al golfo de Maracaibo).







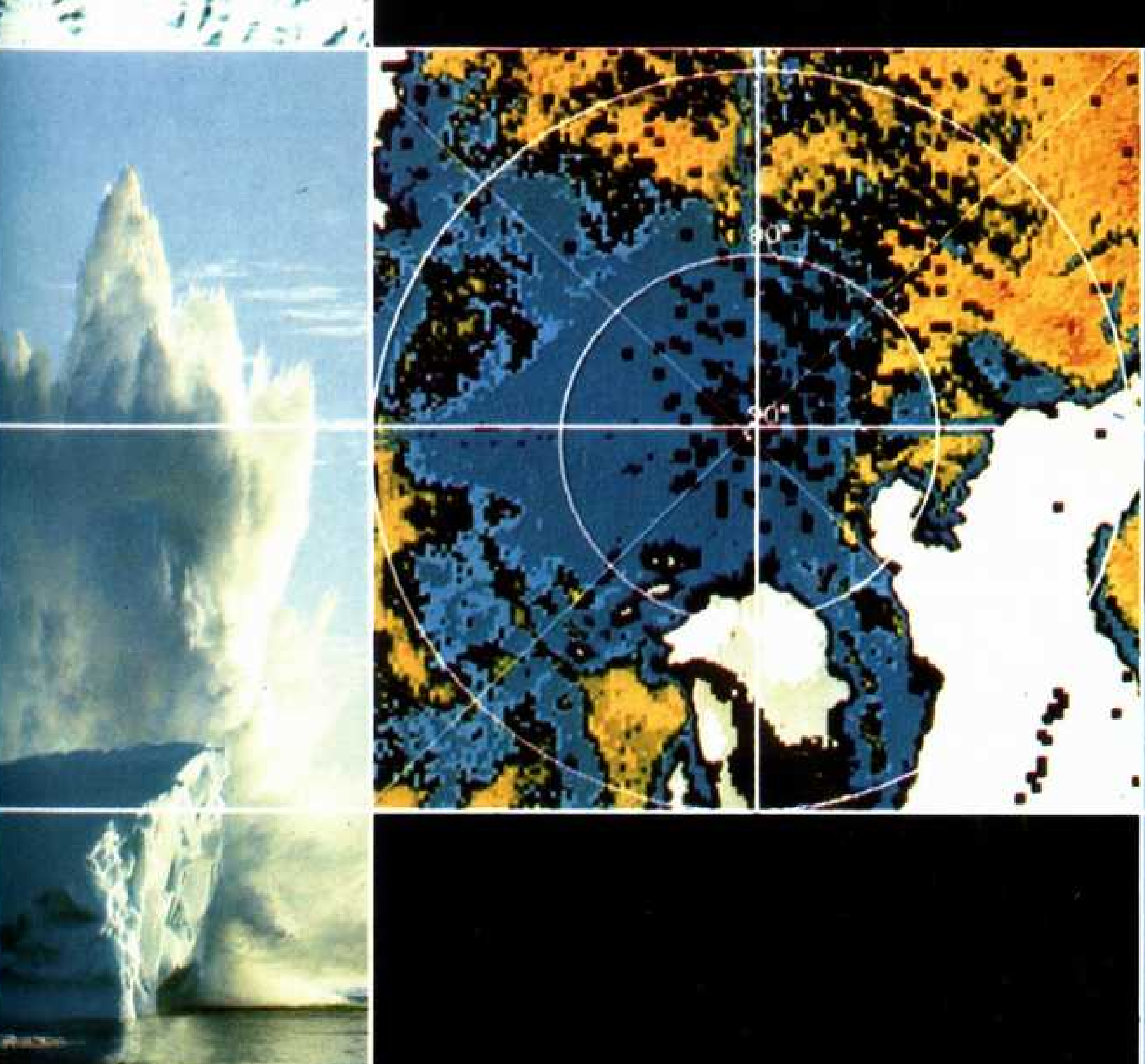
sa, etc. Por sus dimensiones es la segunda en extensión del mundo, después de la inmensa Gran Barrera australiana.

Las Pequeñas Antillas tienen en su mayoría un origen volcánico: la costa cae a pico en el mar, salvo en algunas planicies sedimentarias de reducidas dimensiones. Playas encantadas, donde se mecen las esbeltas palmeras, alternan con oscuros y hostiles acantilados, que dominan los cráteres y las agujas andesíticas erosionadas. Los más conocidos paisajes de este tipo se encuentran en la Martinica, frente al monte Pelado, o en la Guadeloupe, cuando se contempla La Soufrière desde el mar, a una milla de Basse-Terre.

Las Grandes Antillas presentan un litoral rocoso en general, interrumpido acá y allá por zonas de arena o pantanosas. Las montañas meridionales de Cuba caen a pico en la fosa de las Caimanes. El desnivel total alcanza más de 9.000 metros en menos de 50 kilómetros, entre el punto culminante de Sierra Maestra (2.005 metros) y uno de los puntos más profundos de la fosa de las Caimanes (7.241 metros de profundidad).

Por este perfil tan escarpado, las formaciones coralinas a duras penas pueden establecerse. Existen algunos bellos arrecifes cerca de Jamaica, de Cuba y de las islas Vírgenes. Pero, aparte del gigantesco arrecife de Belice, no se encuentra ningún otro gran ecosistema a base de pólipos, que el clima local permitiría.

El océano Artico





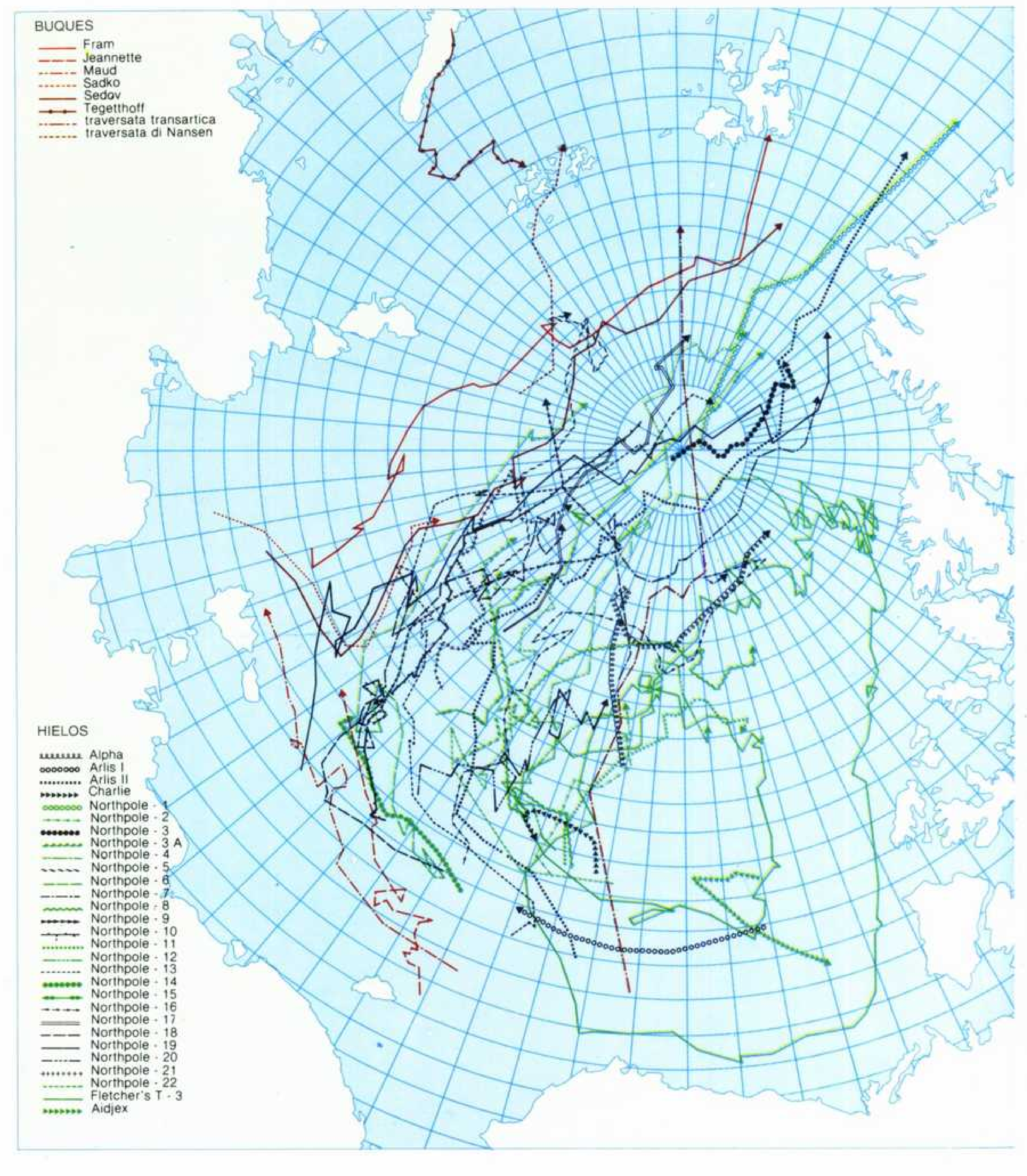
En los confines del mundo

El océano Artico es la viva imagen de la desolación, caracterizado por la cubierta de hielos que lo tapan en todo tiempo. Este hielo, cuya extensión varía en función de las estaciones, presenta un cierto número de propiedades originales. Refleja, por ejemplo, la mayor parte de los rayos solares que recibe (se dice que aumenta el albedo de la región). Se comporta también como un aislante, pues impide en gran medida los intercambios caloríficos entre el agua y la atmósfera. Transforma, finalmente, el paisaje en un verdadero desierto.

Cuando el hielo tiene un regular grosor, cubre el mar con una capa opaca: al quedar bloqueados los escasos rayos luminosos es imposible que se efectúe la fotosíntesis; el fitoplancton no se reproduce, y el resto de la pirámide alimentaria languidece. Sin embargo, cuando brilla el sol en verano, el plancton se multiplica con prodigiosa rapidez, y se asiste a una verdadera eclosión de vida, de la que se aprovechan los animales migratorios.

Los primeros hombres que llegaron a las costas del Artico debieron de ser los nómadas y los pescadores siberianos. Hace unos 16.000 años, en el curso de la última glaciación, enormes cantidades de agua estaban inmovilizadas en forma de casquetes helados sobre tierra firme; el nivel general de los océanos se encontraba a 160 metros más bajo que en la actualidad. Existía un paso a pie enjuto a través del actual estrecho de Bering. Fue en esa época probablemente cuando las tribus mongoloides de la Siberia oriental emigraron al continente norteamericano, antes de avanzar en sucesivas oleadas hacia el Sur. (Algunos antropólogos sostienen que esta invasión se produjo antes.) La mayoría de las poblaciones neoamericanas fueron atraídas por el clima más clemente de Canadá y de Estados Unidos (convirtiéndose en los indios del Nuevo Mundo). Pero otras tribus permanecieron en Alaska y en el Canadá septentrional (pasando más tarde a Groenlandia): formaron el pueblo de los esquimales, que se llaman a sí mismos los inuit. Estos constituyeron una civilización única en el mundo, basada en la explotación de las riquezas biológicas del mar, sobre todo de la caza de la foca y, accesoriamente, de la captura de las aves, de los osos blancos, de los salmones, de los narvales, de las belugas, y de destazar las ballenas encalladas.

La primera exploración europea de estas latitudes la emprendió Piteas de Marsella. Este osado navegante partió de la ciudad focea y, dirigiéndose al septentrión, llegó, en el siglo IV a. de C., a la «remota Thule» —que, como decíamos en páginas anteriores, no se sabe si se trata de Noruega o de Islandia—. Según dice él mismo, llegó «hasta el mar helado». Mucho después, en los siglos VIII y IX, les tocó la vez a los vikingos: en sus esbeltos barcolongos llegaron hasta Islandia, y luego a Groenlandia (donde establecieron colonias), antes de avanzar hasta Vinlandia, es decir, Terranova y el Labrador. Las exploraciones «modernas» de estas regiones se iniciaron en el siglo XVI. Se debieron tanto a los balleneros (vascos, franceses, ingleses y holandeses) como a los navegantes que salían en busca de los famosos «pasos» directos hacia China: el del Noroeste (por el sur de



Un océano de hielo. *En la carta náutica del mar del Norte (arriba), dibujada por Olaus Magnus en 1535, puede observarse un banco de hielos a la deriva, sobre el que se encuentra un oso blanco, muy cerca de Islandia. Abajo: una escena de la emigración del pueblo chukotsk sobre trineos tirados por renos; el artista la grabó en un colmillo de morsa.*









Los hombres del Norte: *Arriba: un poblado esquimal de hielo en la isla de Melville, tal como lo vio el explorador americano Perry en 1819. Al lado: dos grabados inspirados en la expedición del escocés George S. Nares, en 1875. Las primeras invernadas sobre la banquisa terminaron frecuentemente en catástrofe: los barcos de los exploradores se perdían, aplastados por los hielos, y los mismos hombres no tardaban en sucumbir al frío, la falta de comida o el escorbuto. Pero los osados pioneros no se desalentaron. Los dos barcos de Nares se llamaban el* Discovery *y el* Alert. *En la página anterior, al lado: algunos de los itinerarios de las estaciones de exploración científica en el océano Artico; unas iban embarcadas a bordo de buques especialmente diseñados para soportar la deriva en los hielos; otras se instalaron directamente sobre hielos flotantes.*

Groenlandia y las islas del Artico canadiense) y el del Nordeste (por Siberia). Resulta imposible resumir en pocas líneas el cúmulo de hazañas, de tragedias y de triunfos que supuso esta conquista: los viajes de Frobisher, de Davis, de Hudson, de Bering o de Franklin fueron otras tantas epopeyas.

También la carrera hacia el polo adoptó bien pronto un aire de tragedia. Algunos trataron de llegar a este punto simbólico partiendo de Spitzberg: tal ocurrió, por ejemplo, en 1827, con Perry, que fracasó porque corrientes imprevistas le desviaron de su ruta. Otros partieron del norte de Groenlandia o de la isla Ellesmere: así el británico George S. Nares, en 1875, sin alcanzar éxito tampoco (llevaba consigo chalupas con patines, pues suponía que alrededor del polo existía una amplia extensión de mar libre de hielos). El primero que llegó al objetivo oficialmente fue el americano Peary, en 1909, pero muchos exploradores aún hoy ponen en duda la autenticidad de su hazaña.

Las investigaciones científicas propiamente dichas arrancaron con las primeras exploraciones oficiales. Una de las más importantes fue la que William Scoresby, a bordo de sus barcos balleneros, llevó a cabo durante varios años (y cuyos resultados publicó en 1820). A finales del siglo XIX se multiplicaron los viajes puramente científicos. Así, el noruego Nansen emprendió varios, especialmente a bordo del *Fram*, en 1895-1896.

Con el desarrollo tecnológico empezó en el siglo XX la exploración sistemática del océano Artico. El almirante americano Byrd pretendió haber sobrevolado el polo en 1926, pero es probable que mintiera; y fue Roald Amundsen el primero que, ese mismo año, logró llegar en dirigible. En 1931, el americano Wilkins intentó ganar por primera vez la «cima del mundo» emprendiendo la ruta submarina, pasando *bajo* la banquisa; fracasó a bordo de su *Nautilus*. Sería otro sumergible del mismo nombre, pero propulsado por energía atómica, el que lograra esta hazaña en 1958; ese año, otro submarino nuclear americano, el *Skate*, emergió exactamente en el polo rompiendo el hielo.

La primera estación de estudio prolongado de la banquisa la construyó y ocupó el soviético Iván Papanin en 1937. A partir de entonces, los soviétivos han instalado 22 bases «polo Norte» del mismo tipo. Los americanos no se han quedado atrás, especialmente con sus proyectos de complejos estudios AIDJEX *(Arctic Ice Dynamics Joint Experiment)*.

Hay que decir que el conjunto de las regiones polares boreales ha cobrado últimamente gran importancia estratégica, razón por la cual los estudios científicos encubren a menudo objetivos militares.

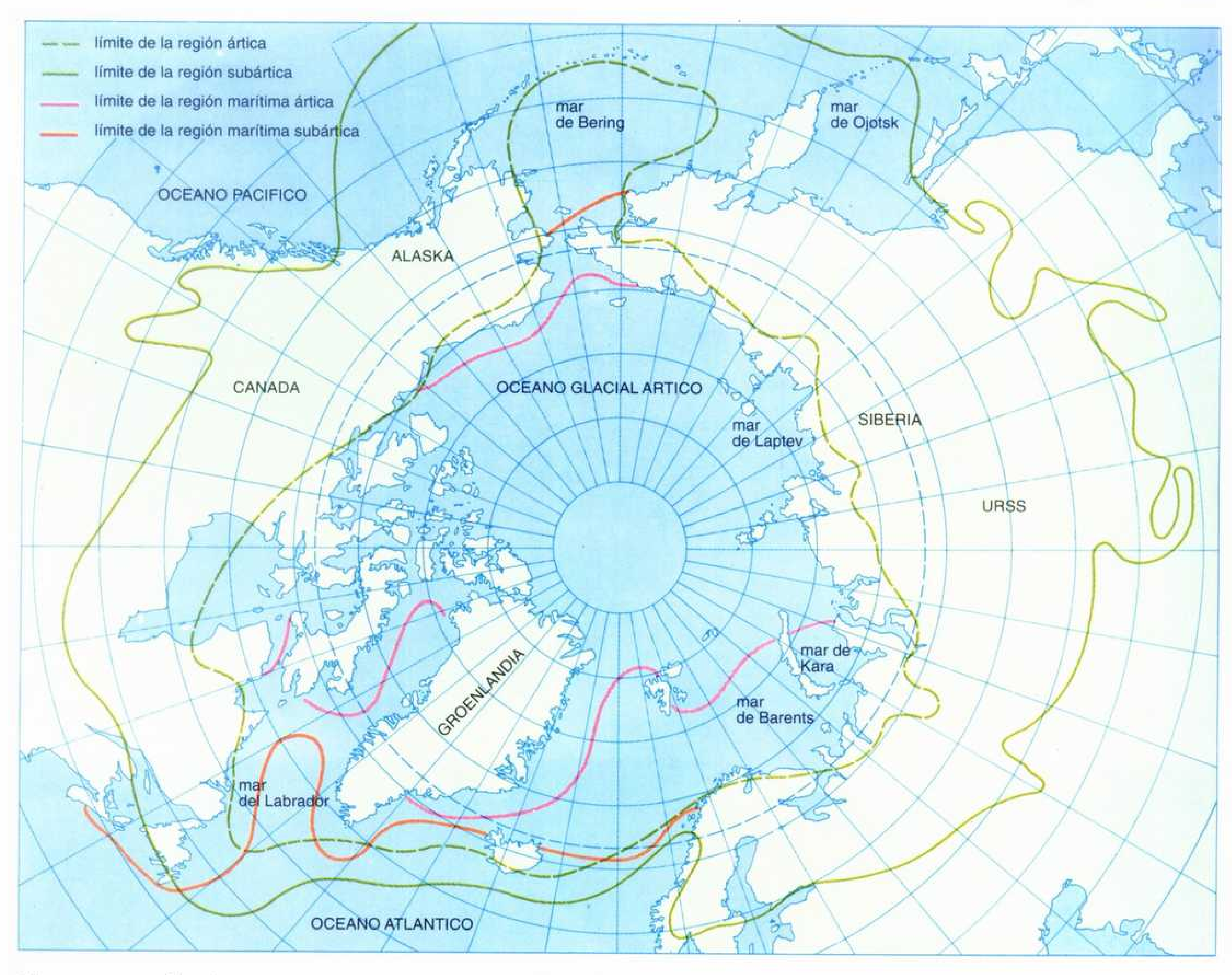
Bajo la banquisa



Los datos de que disponemos sobre el fondo del océano Artico son aún muy fragmentados. Sin embargo, los levantamientos efectuados por las estaciones derivantes, por los rompehielos y por los submarinos nucleares han hecho avanzar considerablemente nuestros conocimientos en este campo. El océano glacial Artico cubre una extensión de 12 millones de kilómetros cuadrados (cinco veces más que el Mediterráneo), y contiene 13 millones de kilómetros cúbicos de agua (o sea, sólo tres veces más que el Mediterráneo). Ocupa el 3 por 100 de la superficie total de los océanos, pero sólo contiene el 1 por 100 del volumen de las aguas saladas del globo.

Esta escasa profundidad media (1.130 metros) se explica por el hecho de que una buena parte de la cuenca está formada por las plataformas continentales: el 40 por 100 de la superficie sumergida. La plataforma es relativamente estrecha del lado de América del Norte, pero inmensamente ancha del lado soviético. Forma allí una serie de mares poco profundos (mar de Barents, de Kara, de Laptev, de Siberia oriental, de Chukots) tachonados de islas de grandes dimensiones (Nueva Zembla, Tierras del Norte, Nue-

__Un océano cerrado.__ Si excluimos el estrecho de Bering (que lo une al Pacífico), los canales de las islas del norte del Canadá (que lo unen al Atlántico) y el mar de Groenlandia, el océano glacial Artico es un mar enteramente cerrado. En el mapa de la derecha figuran los límites de la zona climática ártica y de la zona climática subártica. La zona ártica se caracteriza por la escasísima vegetación de la tundra, mientras que la zona subártica está poblada de coníferas y de abedules, que forman la majestuosa taiga. La fotografía desde satélite (en la página anterior, arriba) muestra las bocas del Mackenzie; el aspecto lodoso de sus aguas contrasta con la limpidez azul intenso de los innumerables lagos que lo rodean.

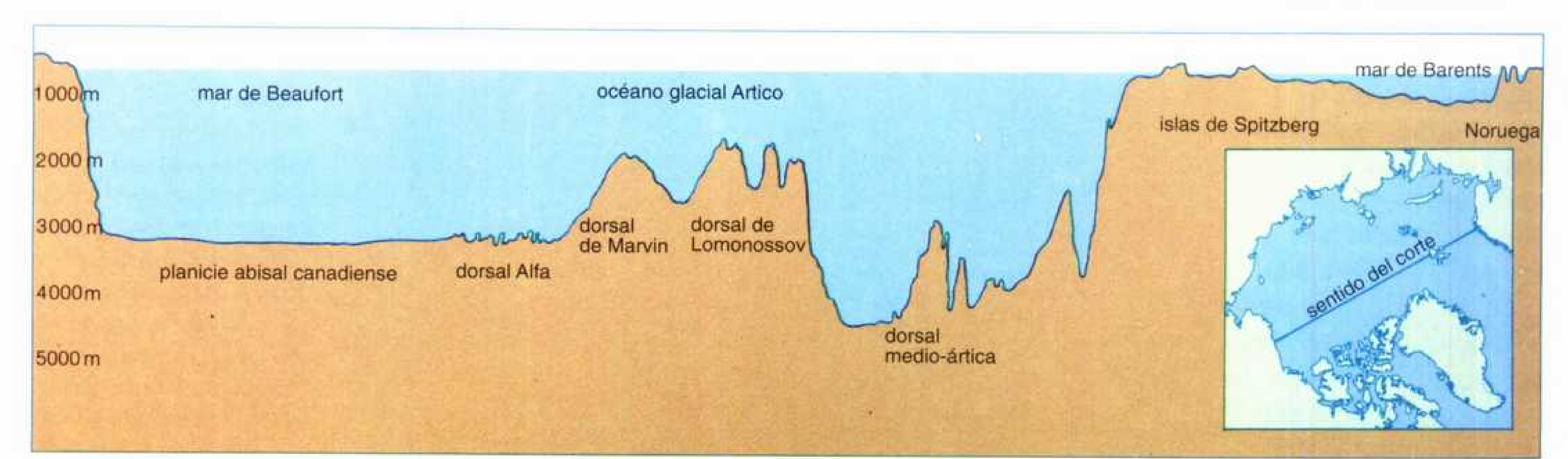


va Siberia, Wrangel). El menos profundo de todos es el mar de Laptev (de 10 a 40 metros), mientras que en el mar de Siberia oriental se encuentra la más amplia plataforma continental del mundo: ésta se adentra más de 800 kilómetros en alta mar. El talud continental que sigue a estas plataformas es cruzado por cañones submarinos, como el cañón Barrow, al norte de Alaska, o el cañón Herald, en el mar de Chukots.

La parte más profunda del océano glacial Artico se encuentra dividida en dos cuencas por la dorsal de Lomonossov. Se trata de una enorme cadena de montañas submarinas cuya profundidad abarca de los 800 a los 1.600 metros y que corre de la isla Ellesmere hasta las islas de Nueva Siberia. Este relieve individualiza, de un lado, una cuenca eurasiática y, de otro, una cuenca canadiense. La primera, a su vez, está partida en dos unidades por la dorsal medio-ártica, llamada también dorsal de Nansen. Se trata de una prolongación de la dorsal medio-atlántica, y se comprueba que, como ésta, es asiento de una intensa actividad magmática: zona de ascensión de la lava, una fosa *(rift)* tectónica. Es en esta parte del océano Artico —en la cuenca de Angara exactamente— donde se encuentran las fosas locales más profundas: –5.450 metros en la fosa Nansen.

La cuenca canadiense, o cuenca laurentina, abarca una vasta planicie abisal, con unos 3.800 metros de profundidad, cuyo piso está cubierto por una enorme capa de sedimentos (más de tres kilómetros de espesor). Estos fueron aportados por los ríos (Mackenzie en el Canadá, Lena y Kolyma en Siberia). Un cierto número de altiplanicies sumergidas de esta región (como la del cabo Chukotsk o la de Arlis) corresponden a fragmentos de continentes desgajados. Pero aquí, el principal relieve sumergido es la dorsal Alfa, de 1.200 a 1.500 metros de profundidad, salpicada de fallas y de picos, cuyo origen sigue siendo desconocido.

__El fondo del Artico.__ En el dibujo de la página anterior, que representa la totalidad del océano Glacial, se distingue muy bien, frente a Groenlandia, a la izquierda, la dorsal de Lomonossov, y a la derecha, la dorsal medio-ártica, que prolonga la dorsal medio-atlántica y juega el mismo papel tectónico que ésta. El esquema de abajo muestra un corte del Artico, desde el cabo Norte, en Noruega, hasta la punta Barrow, en Alaska.

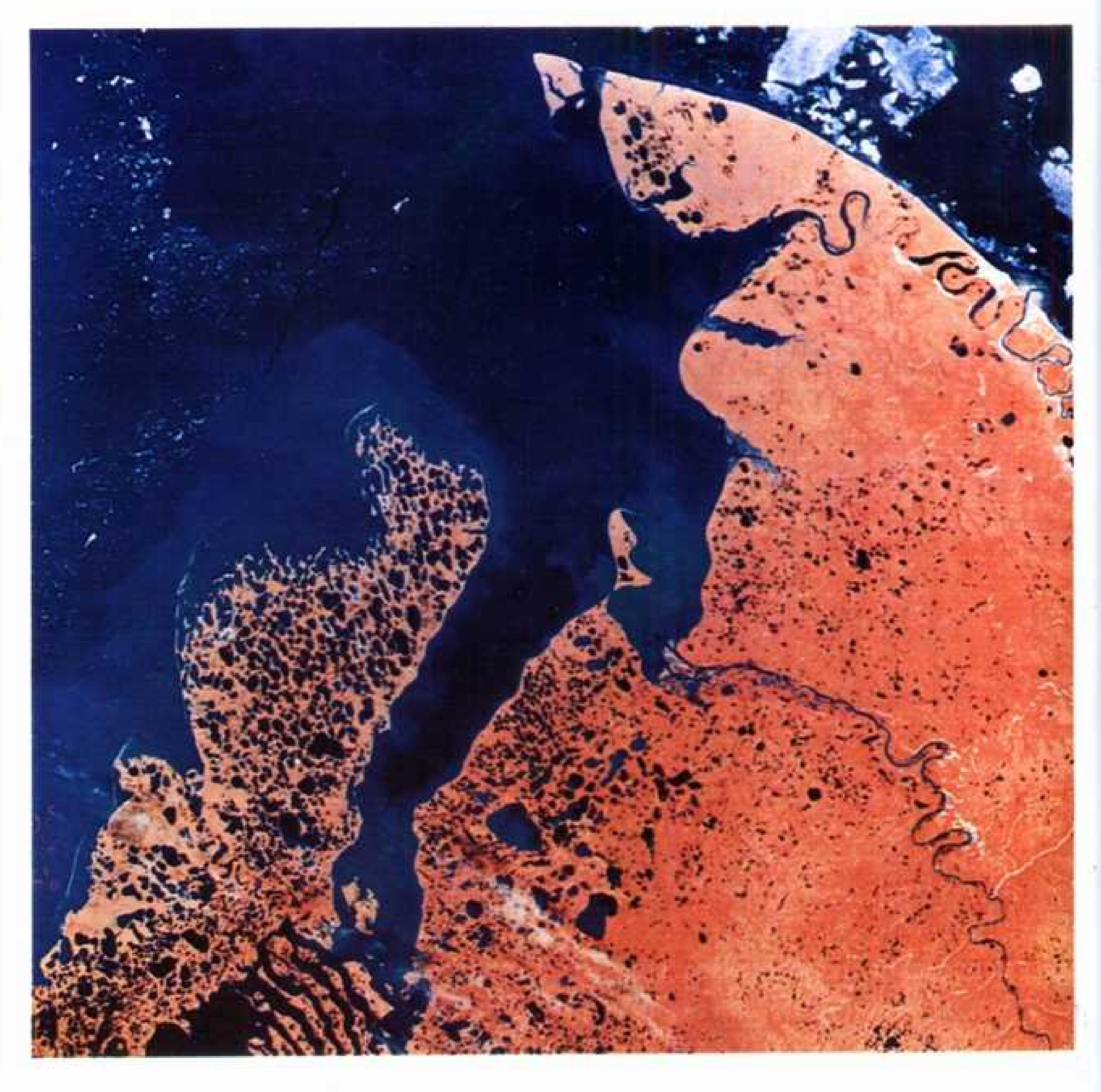


La historia geológica

Los quince últimos años han representado una auténtica revolución en las ciencias de la Tierra. A estas alturas, la interpretación de la historia y de la estructura de los continentes y de los océanos se lleva ya a cabo a la luz de la tectónica de placas. Según esta teoría, la corteza terrestre está constituida por seis grandes placas independientes entre sí y de varias placas adyacentes. El «motor» de esta mecánica hay que buscarlo en las dorsales medio-oceánicas: es en ellas donde los materiales eruptivos ascienden desde las entrañas de la Tierra. Al acumularse a uno y otro lado de la zanja magmática, provocan el ensanchamiento de los océanos y, como consecuencia, la deriva de las masas continentales próximas. Cuando dos placas se encuentran, o chocan de frente (dando origen a una cadena de montañas) o una se introduce bajo la otra. En este último caso se asiste a la excavación de las fosas, por donde los materiales del piso oceánico vuelven hacia el manto terrestre, de tal suerte







que el equilibrio general de las masas de la corteza del globo se mantiene. En este hundimiento se observan numerosos fenómenos geológicos locales, especialmente terremotos y erupciones volcánicas de tipo andesítico. El estudio de los fondos marinos, que condiciona en la actualidad al conjunto de nuestros conocimientos físicos del globo, se lleva a cabo a bordo de buques oceanográficos que cuentan con aparatos de ecosondeo, de obtención de muestras, de medición del magnetismo, etc. En las regiones polares, la aplicación de todas estas técnicas resulta sumamente difícil, por el clima, la banquisa, los icebergs, etc. Esto explica que los fondos del océano glacial Artico sigan siendo mucho menos conocidos que los de otros mares, exceptuando su homólogo Antártico.

La cuenca eurasiática ha sido objeto de alguna mayor investigación que la cuenca canadiense. La dorsal que por ella discurre, y que prolonga hacia el Norte la dorsal medio-atlántica, constituye el «motor» geológico de la comarca. Los fondos locales se constituyeron por acumulación de lava basáltica, en el transcurso de los últimos 60 millones de años. Antes de esa época, la dorsal de Lomonossov era

Un océano en expansión. *La cuenca eurasiática del Artico se formó en el transcurso de los últimos 60 millones de años. Es el resultado de la expansión de los fondos debida a la ascensión del magma a través de la falla medio-ártica. La dorsal Alfa, al norte de Groenlandia, representa probablemente un fragmento de la dorsal medio-oceánica inactivo desde la era Secundaria, y que pertenecía al mismo sistema que la dorsal del Labrador (mapa superior). Aquí, arriba, a la izquierda: una vista desde satélite del estrecho de Bering, que separa al océano Pacífico del océano glacial Artico y el ambiente asiático de América del Norte. A la derecha: la región del cabo Bathurst, en el Gran Norte del Canadá, cerca de la bahía de Franklin.*

un fragmento del margen continental de Siberia. Separándose de su lugar de origen a razón de 0,5 a 1 centímetro al año aproximadamente, la planicie abisal que se constituyó en el espacio así creado alcanza profundidades de más de 5.000 metros. Los picos de la dorsal de Lomonossov dominan los fondos circundantes de más de 4.000 metros, y luego algunos se levantan a menos de 1.000 metros de la superficie.

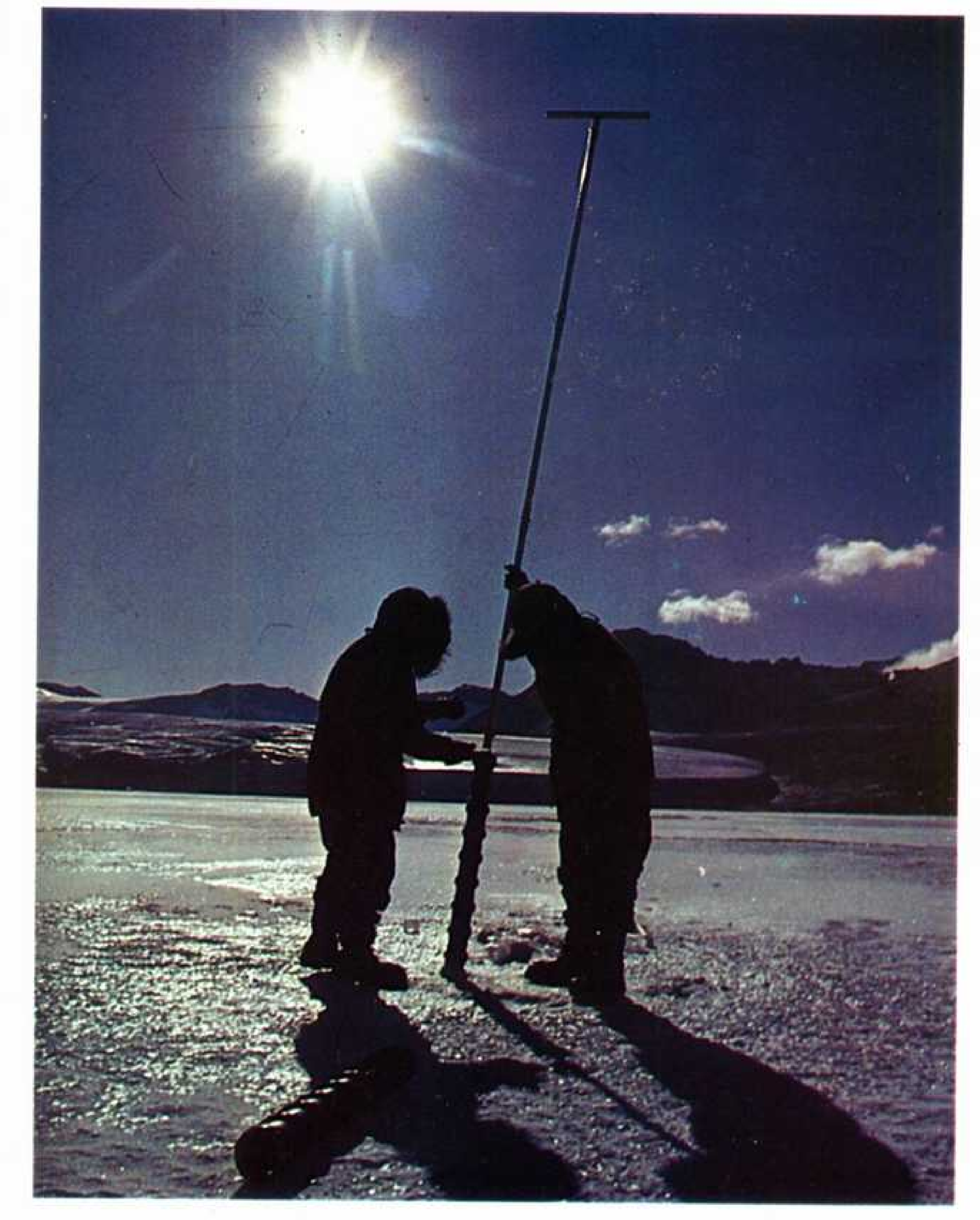
Por la misma época, Groenlandia se separó de Europa, empujada hacia el Oeste por los materiales extrusivos de la dorsal medio-atlántica. El Labrador, por su parte, se separó de Groenlandia por medio de una dorsal del mar del Labrador y del mar de Baffin. Hace 20 millones de años esta dorsal quedó inactiva y el fondo se llenó localmente de sedimentos.

La dorsal medio-ártica dobla en dirección a la Unión Soviética. En el transcurso de los últimos 60 millones de años ha provocado el alargamiento de Siberia en unos 500 kilómetros y la formación de más de 400.000 kilómetros cuadrados de tierras nuevas. No se sabe si bajo el océano Artico existe un punto de convección del manto interno análogo al que constituye Islandia en el Atlántico Norte. Islandia, en efecto, se encuentra a una altitud superior en tres kilómetros a la que dejaría suponer su densidad. Se levanta merced a fuerzas gigantescas, producidas por el calor interno de la Tierra, que empujan hacia arriba prodigiosas corrientes de magma.

La historia de la cuenca canadiense es un auténtico rompecabezas. Los geólogos se muestran perplejos sobre todo ante el origen de la dorsal Alfa. Algunos han avanzado la hipótesis de que se trata de una dorsal medio-oceánica fósil, inactiva desde hace decenas de millones de años, en todo caso desde el inicio de la «entrada en servicio» de la dorsal medio-ártica. Las extensas planicies abisales situadas al este de la dorsal Alfa constituyen las partes más antiguas de todo el océano glacial Artico. Su profundidad, bastante grande (3.600 metros), es tanto más notable cuanto que están cubiertas de una considerable capa de sedimentos. Estas llanuras existían mucho antes de que empezara a constituirse la cuenca eurasiática. Puede pensarse que datan de la primera gran expansión local de los fondos marinos, hace unos 150 millones de años. Antes de esta fecha, la historia del océano Artico —suponiendo que haya habido sólo una— continúa siendo un completo misterio.

Comparados con ciertos escudos continentales, con varios miles de millones de años de antigüedad, todos los océanos son «jóvenes». El océano glacial Artico es uno de los más recientes.

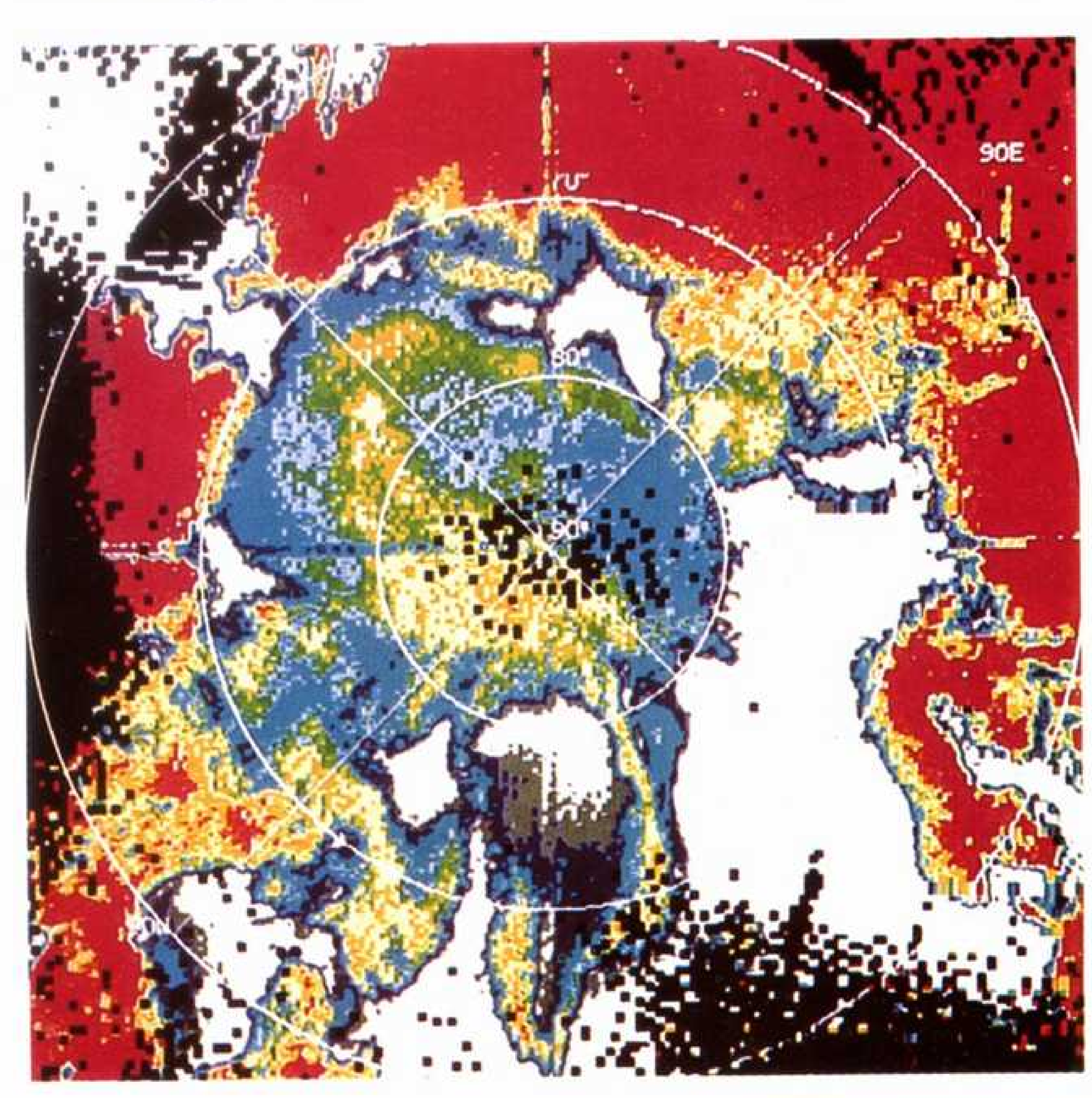


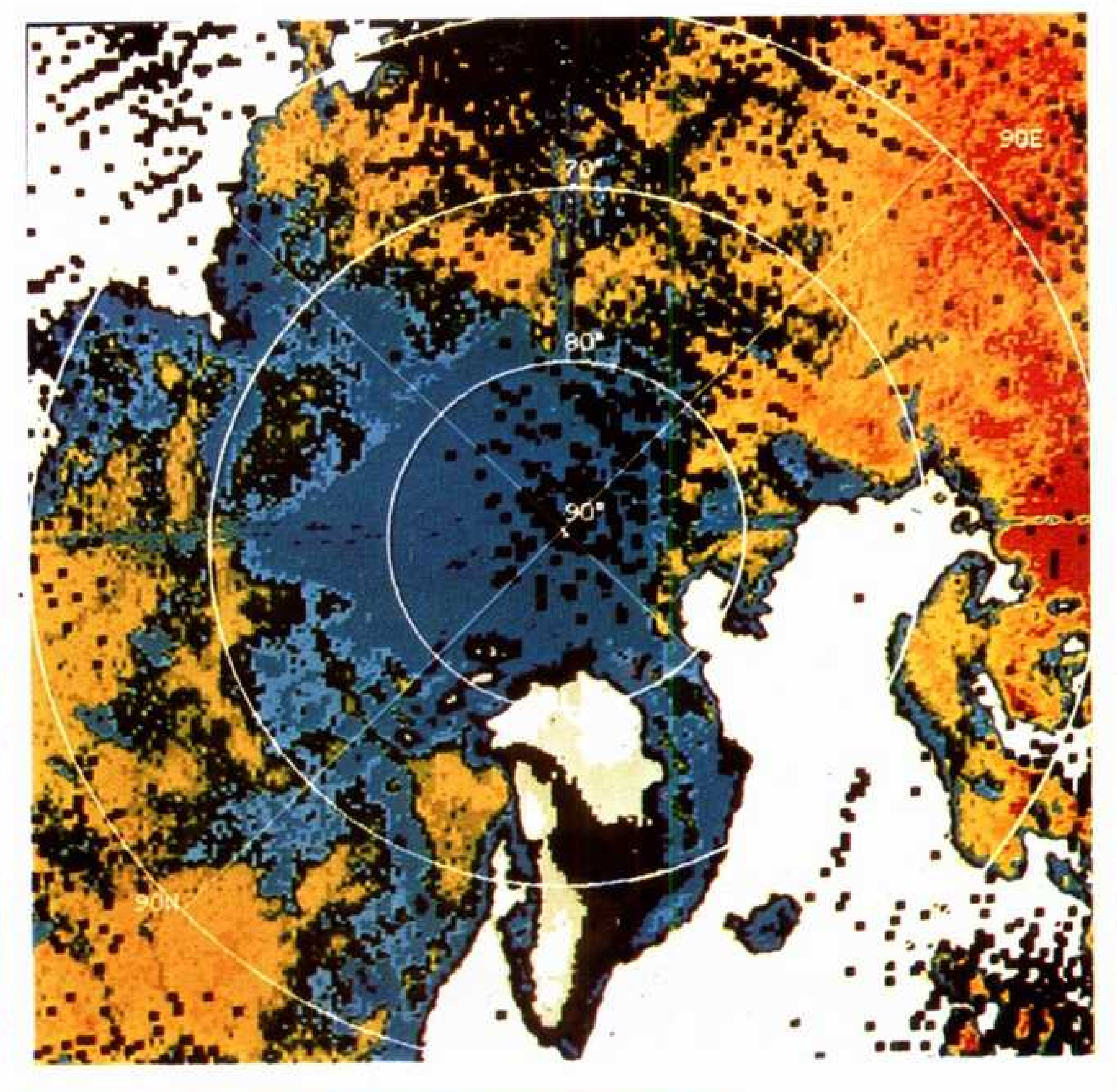


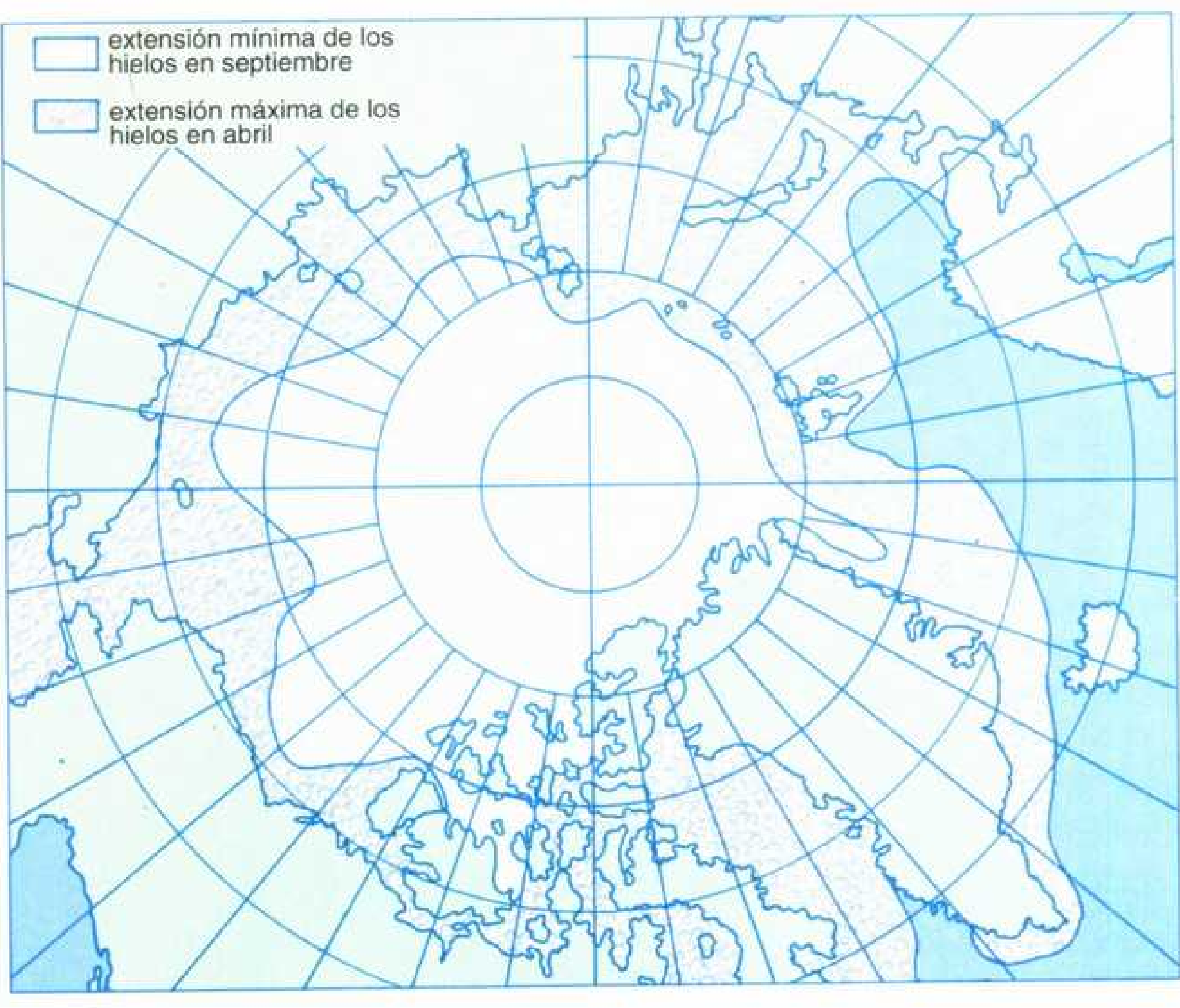
Un océano difícil de estudiar. *La observación del magnetismo residual de las rocas del piso del océano Artico ha permitido reconstruir su historia. En efecto, el campo magnético terrestre se ha invertido varias veces en el curso de la existencia de nuestro planeta, y los basaltos guardan la huella de estas diversas imantaciones. En el dibujo superior, los puntos en rojo corresponden a posiciones pretéritas del polo Norte magnético, y los puntos en rojo y negro indican la posición actual del polo Norte magnético. Aquí, al lado: unos científicos proceden a obtener una muestra para estudiar las características internas del hielo de mar (salinidad, etc.).*

Las islas de hielo

EL hielo —la banquisa— cubre la mayor parte del océano Artico durante todo el año. En verano, el *pack* ocupa únicamente la parte central del océano: deja libres las costas continentales. En esa época del año, su superficie alcanza los 10 millones de kilómetros cuadrados (es decir, poco más o menos la extensión de Canadá o de China); el espesor de la capa helada es de dos a tres metros, por término medio. En invierno, la banquisa avanza desde todos lados hacia el Sur. Engloba en una sola placa helada todo el conjunto de la costa siberiana, el estrecho de Bering, el litoral de Alaska, del norte de Canadá y de Groenlandia. Islandia y Noruega se salvan por las calorías que aporta el Gulf Stream.
Se calcula que la masa total del hielo del mar en verano (no incluidos los icebergs) se acerca a los 50 billones de toneladas. Este hielo es salado, y se forma a –1,9 °C de temperatura. El agua dulce alcanza su máxima densidad a los 4 °C, cosa que no ocurre con el agua de mar. Esta se hace cada vez más pesada a medida que la temperatura baja hacia el fatídico –1,9 °C. Al irse haciendo más pesada, la capa superficial se hunde; y es sustituida por agua algo menos fría procedente del fondo, que se hunde a su vez; esto crea un movimiento de convección que retrasa la congelación. Empieza a hacerse hielo cuando la capa de agua de mar dispuesta a congelarse alcanza varias decenas de metros.
El agua comienza a cristalizar en superficie, en forma de múltiples lentejuelas delgadas, llamadas *frazil*. Luego, estas partículas se aglutinan, uniéndose en haces embebidos de agua y que vuelven al mar opaco: es el estadio del *hielo grueso*. Cuando la capa acuática tiene poco espesor y está en calma, los cristales se organizan en una placa transparente: se habla entonces del *nila*. En las zonas en que, por el contrario, el mar está agitado, las partículas sólidas terminan por aglomerarse en gruesos paquetes que las olas hacen entrechocar, y que se transforman en una acumulación de placas circulares de bordes levantados: es el *pancake* o *galleta*. Finalmente, cuando la temperatura de la atmósfera sigue bajando, la capa helada se consolida, se hace compacta con un espesor de más de dos metros. En ciertas partes del océano Artico, las corrientes rompen la banquisa, y los vientos lo aprovechan para arrancar del *pack* grandes bloques, abriendo así canales conocidos con el nombre ruso de *polinias*. Naturalmente, cuando cambia el viento, los canales se cierran bruscamente. El enfrentamiento de ambos bordes da lugar a la formación de una larga cresta de hielo caótico, que se eleva de uno a cinco metros sobre la superficie, o se hunde de 10 a 30 metros por debajo.
Cuando sobreviene el deshielo, en primavera, la banquisa se fragmenta en innumerables pedazos que se funden lentamente y son arrastrados por las corrientes. Muchos de estos témpanos no tienen tiempo de fundirse antes de la nueva acumulación de hielo y quedan apresados por la banquisa del año siguiente, formando núcleos muy duros.
Cuando el agua de mar se congela, da







***La extensión de la banquisa.** El mapa de la izquierda da una idea de la inmensidad de la banquisa boreal: incluso en verano cubre 10 millones de kilómetros cuadrados, una superficie casi equivalente a la de Canadá o de China. Las dos imágenes de arriba son reconstrucciones de falsos colores, por computadora, de fotografías por infrarrojos tomadas desde satélite: muestran (en azul) la extensión de los hielos boreales en diciembre (a la izquierda) y en junio (a la derecha).*

lugar a un hielo ligeramente salado (del orden de 10 por 1.000, en lugar del 35 por 1.000 en su estado líquido). La sal está contenida, en forma de salmuera hiperconcentrada, en minúsculos sáculos de hielo. Cuando éste comienza a fundirse, tales sáculos tienden a unirse y se produce una especie de avenamiento de la salmuera hacia abajo (es decir, hacia el mar); lo que queda del témpano, al cabo de un momento está constituido casi en su totalidad por agua dulce.

Los hielos del Artico se encuentran constantemente a merced de las corrientes y los vientos, que los someten a formidables empujes que los resquebrajan, los abren o los fragmentan. Raros son los lugares tranquilos en que la banquisa es uniforme. Existen, no obstante, en algunas bahías y frente a las costas de Siberia oriental. En estos sitios se observan extensiones heladas de más de 500 kilómetros de radio apenas afectadas por movimientos casi imperceptibles. Parajes en los que, en el verano, el hielo funde en una anchura de varios kilómetros.

Contrariamente a la banquisa, los icebergs están constituidos por agua dulce: proceden de los glaciares propios de los continentes o de grandes islas, que descienden hasta el mar, donde «botan» sus catedrales de hielo. Paradójicamente, estos icebergs escasean en el océano Artico, pues apenas desembocan glaciares en él, si se exceptúan los de la costa septentrional de la isla Ellesmere y del litoral correspondiente de Groenlandia. Los más grandes en el hemisferio Norte los producen los glaciares del este de Groenlandia, que vierten en el mar del mismo nombre, el cual pertenece al Atlántico Norte. Todos estos témpanos flotantes obedecen al principio de Arquímedes, es decir, que sobresalen de la superficie del agua en relación con su densidad propia. En general, por una parte de su altura total en el aire, hay siete u ocho partes sumergidas en el mar. Longitudes de varios cientos de metros resultan habituales, pero a veces alcanzan un tamaño de varios kilómetros. Algunos son colosales, como uno que fue utilizado durante treinta años como base científica. En el hemisferio Norte, los icebergs abundan sobre todo en las proximidades de Terranova, hasta donde llegan empujados por la corriente del Labrador.





El hielo polar. *El espesor de la banquisa varía desde 1,5 a dos metros en verano, hasta 2,5 a tres metros en invierno. Se trata de hielo de agua de mar que contiene alrededor de un 10 por 1.000 de sal. Antes de congelarse definitivamente para todo el invierno, el hielo adopta varios aspectos característicos. Empieza por constituirse en lentejuelas, luego adopta la forma de «galletas»* (o pancakes, *en la fotografía de al lado), antes de unirse en anchas placas (fotografía de la izquierda), y luego en una capa gruesa. Los icebergs son «alumbrados» en el mar por los glaciares que desembocan en él. Un ejemplo es el grandioso Harvaral, en Alaska (arriba).*

Las corrientes y la circulación

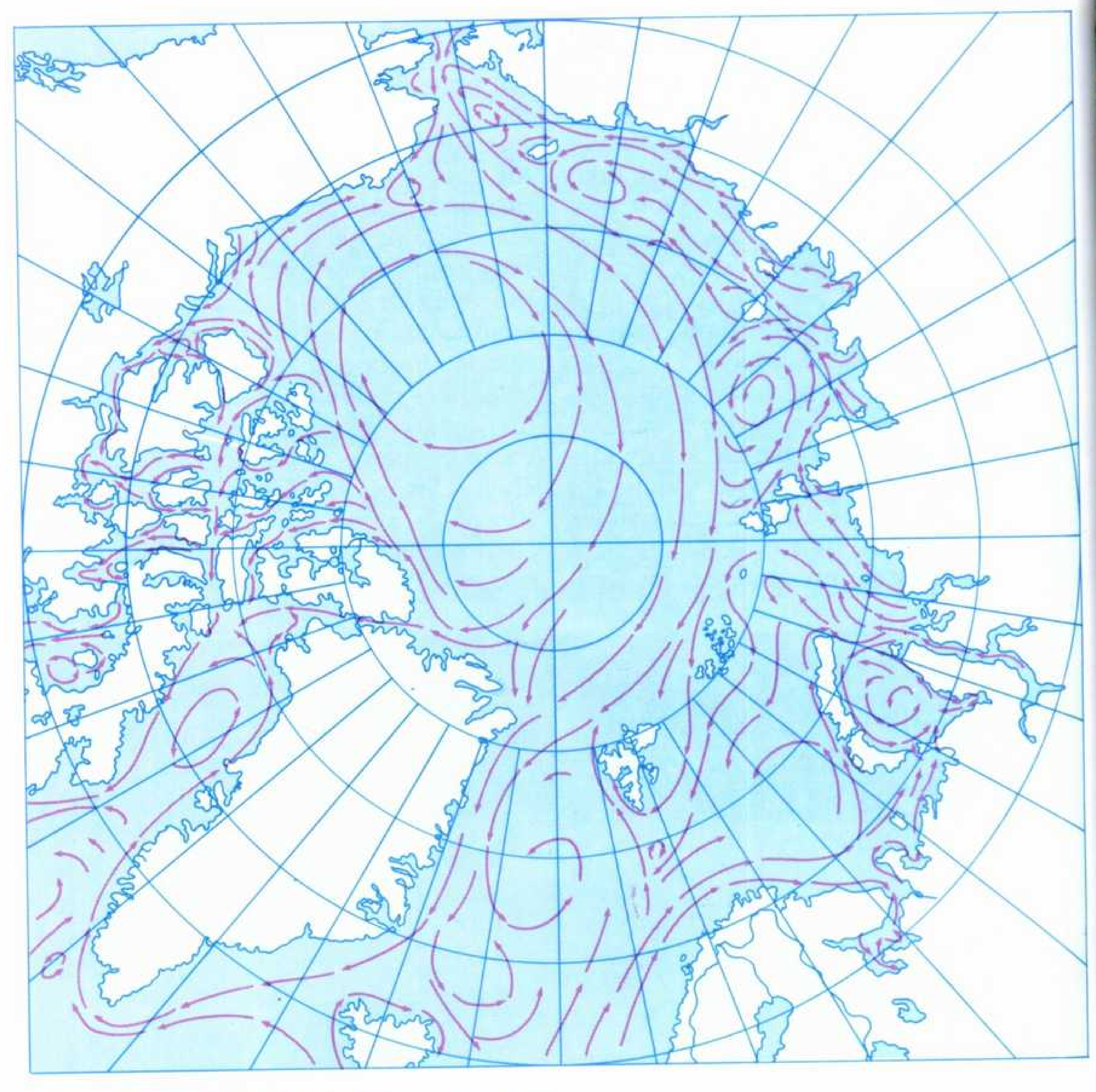
CUANDO se traza el perfil vertical de las temperaturas y de la salinidad del océano glacial Artico, se distinguen clásicamente tres estratos. La capa superficial, llamada «capa de agua superficial polar», llega de los 100 a los 200 metros. En invierno, su temperatura es uniforme, próxima al punto de congelación (esto se debe a los fenómenos de convección asociados al proceso de formación del hielo marino). La salinidad es menor que la de las capas acuáticas más profundas. Responsables de ello son, sobre todo, los ríos de Canadá (Mackenzie) y de Siberia (Obi, Yenisei, Lena, Kolyma). En verano, esta capa se calienta ligeramente por efecto de los rayos solares. Se observan dos «picos térmicos», debidos a la penetración de las aguas superficiales del Atlántico (entre Groenlandia y Spitzberg) y del Pacífico (en las cercanías del estrecho de Bering).

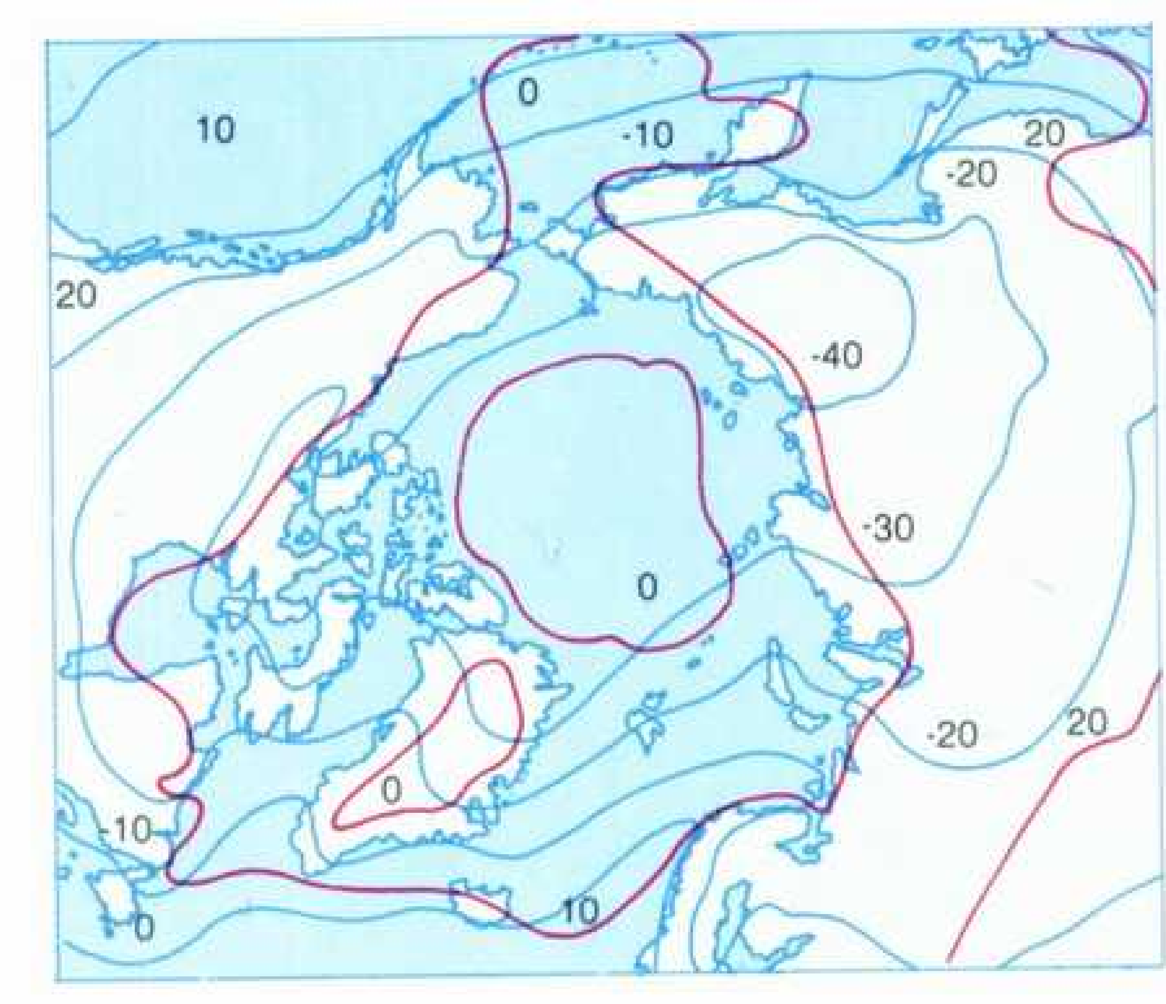
La segunda capa, con una profundidad de 200 a 900 metros, se llama «capa intermedia de agua atlántica», porque procede del Atlántico septentrional. Su salinidad apenas varía (entre 34,92 y 34,99 por 1.000), así como su temperatura (de 1 a 3 °C). Esta agua llega al océano Artico por mediación de la corriente de Spitzberg.

La capa más profunda, con una salinidad constante, tiene una temperatura próxima a los 0 grados. Aunque poco afectada por las corrientes, experimenta una ligera agitación.

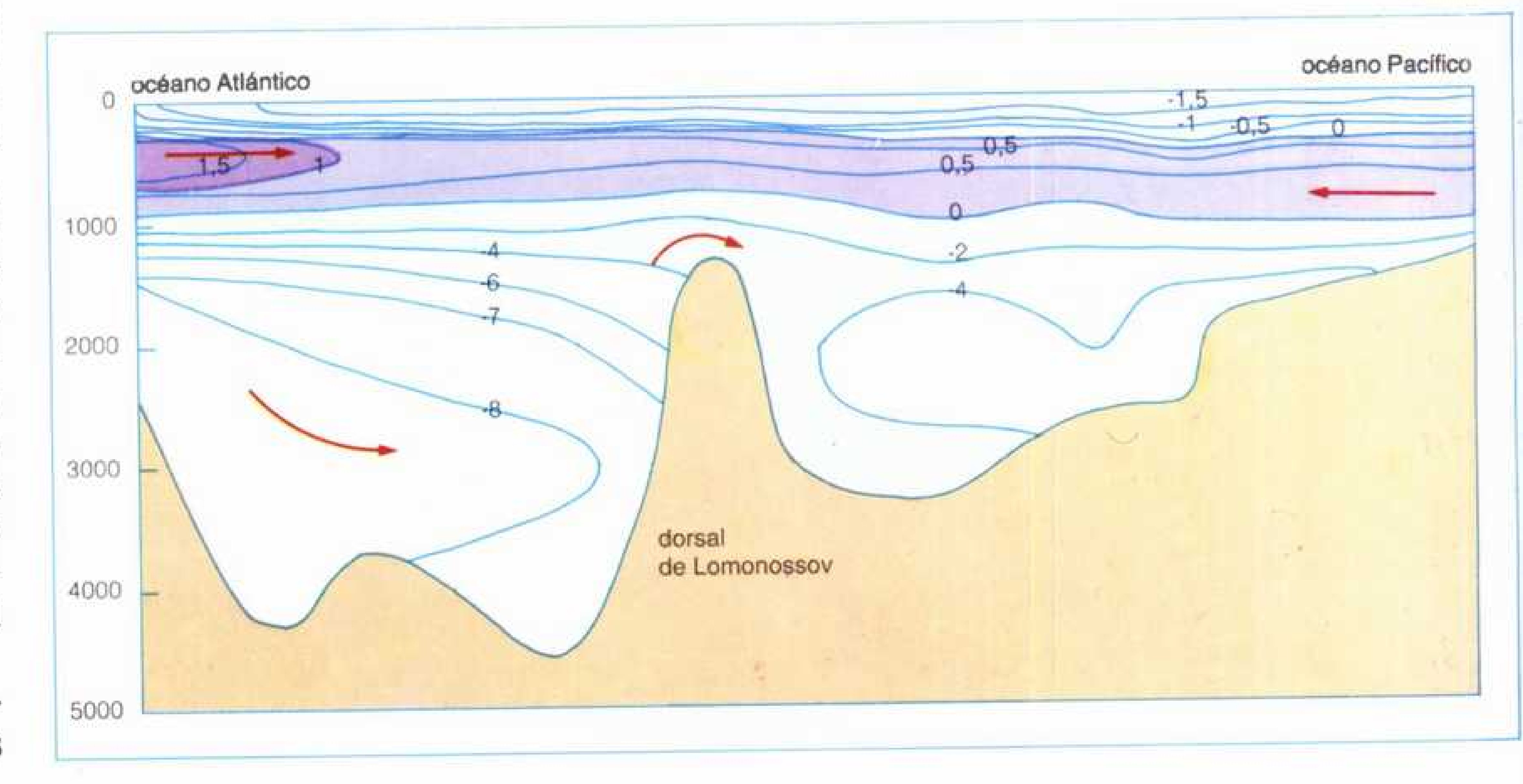
La circulación superficial de los hielos y de las masas de agua se organiza conforme a dos sistemas bien individualizados: de una parte, un inmenso remolino llamado de Beaufort, que gira en el sentido de las agujas del reloj y afecta a la cuenca canadiense; de otra parte, un largo flujo sinuoso, la corriente transpolar, que parte del estrecho de Bering y de la Siberia oriental, pasa por encima del polo Norte y se dirige hacia el Oeste; allí, esta corriente se divide en dos partes: la primera continúa hacia el Oeste y alimenta el remolino de Beaufort; la segunda baja a lo largo de Groenlandia, y recibe el nombre de corriente oriental de Groenlandia. Los hielos a la deriva siguen a estos grandes desplazamientos acuáticos, que los navegantes polares bien pronto trataron de aprovechar. Los hielos que se encuentran en la corriente circular de Beaufort pueden ser muy antiguos: prisioneros de ese *maelström*, giran y giran sin cesar... Los que se encuentran, en cambio, en la corriente de deriva son siempre bastante jóvenes: tardan de dos a tres años, por término medio, en efectuar toda la travesía, cuando pasan por el polo.

El agua del océano Pacífico se vierte continuamente en el océano Artico a través





Las corrientes y la temperatura del agua. *Este mapa de las corrientes (arriba) muestra claramente la corriente en remolino del mar de Beaufort, la gran corriente de deriva polar que atraviesa todo el Artico pasando por el polo y el sentido de los intercambios acuáticos con los océanos adyacentes. El mapa de al lado, a la izquierda, indica las isotermas de enero (en azul) y de julio (en rojo). Abajo: las temperaturas del océano Artico a diferentes profundidades, entre el estrecho de Bering y el mar de Noruega. En la página siguiente, arriba: el delta del Yukón, en Alaska, sobre el mar de Bering, en invierno. Abajo: el deshielo, en primavera.*





del estrecho de Bering, y el agua del Artico vuelve a pasar al Atlántico por el estrecho de Nares y los demás pasos del norte de Canadá, que desembocan en el mar de Baffin y el estrecho de Davis. Pero los principales intercambios acuáticos del océano glacial Artico se llevan a cabo con el Atlántico a través del estrecho de Fram, que separa a Groenlandia de Spitzberg.

El flujo que sale del océano Artico costea el borde oriental de Groenlandia y desciende hacia el Sur, donde se convierte en la corriente de Groenlandia. El flujo que entra al océano Artico se dirige en sentido contrario algo más al Este, pasando cerca de Spitzberg: es la corriente occidental de Spitzberg. Las aguas procedentes del Atlántico se mezclan gradualmente con la masa acuática del océano Artico, pero durante cientos de kilómetros forman una capa superficial relativamente templada. Una parte de estas aguas inclina su trayectoria hacia Siberia, cuyos márgenes baña, en sentido contrario al de la gran corriente de deriva del polo Norte. Otra porción vuelve hacia Groenlandia en remolino, y se mezcla con las aguas descendentes de la corriente de Groenlandia.

Las mareas del Artico tienen escasa amplitud. Este océano se encuentra casi rodeado de tierra, y apenas se dan en él fenómenos de resonancia.

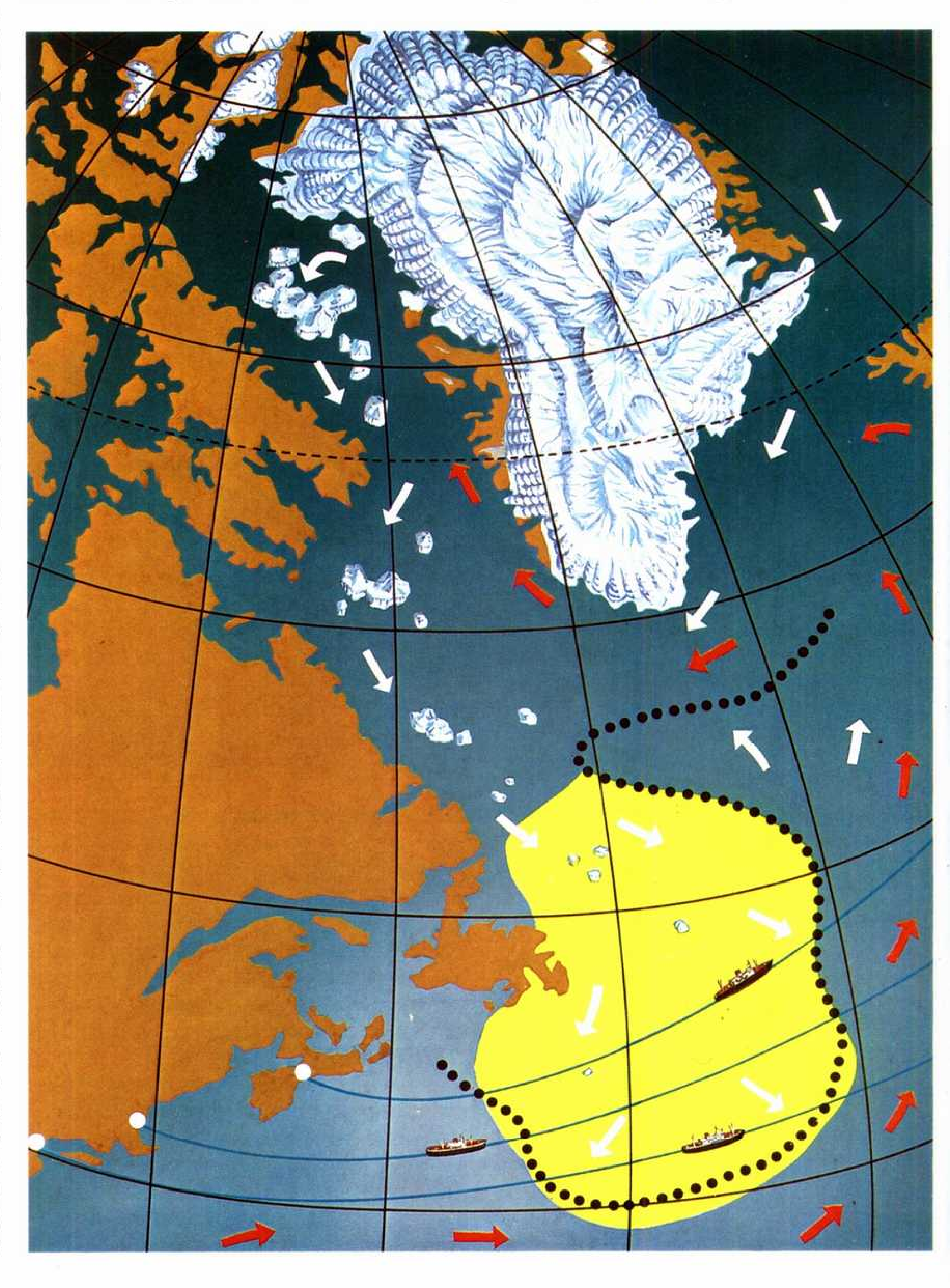
Cómo nacen los icebergs

Los mares poco profundos que rodean a la Unión Soviética constituyen una buena parte del océano Glacial. En invierno están totalmente cubiertos por la banquisa. En verano, su orilla está casi libre; o, por lo menos, los rompehielos pueden fácilmente abrir una ruta expedita para los demás barcos.

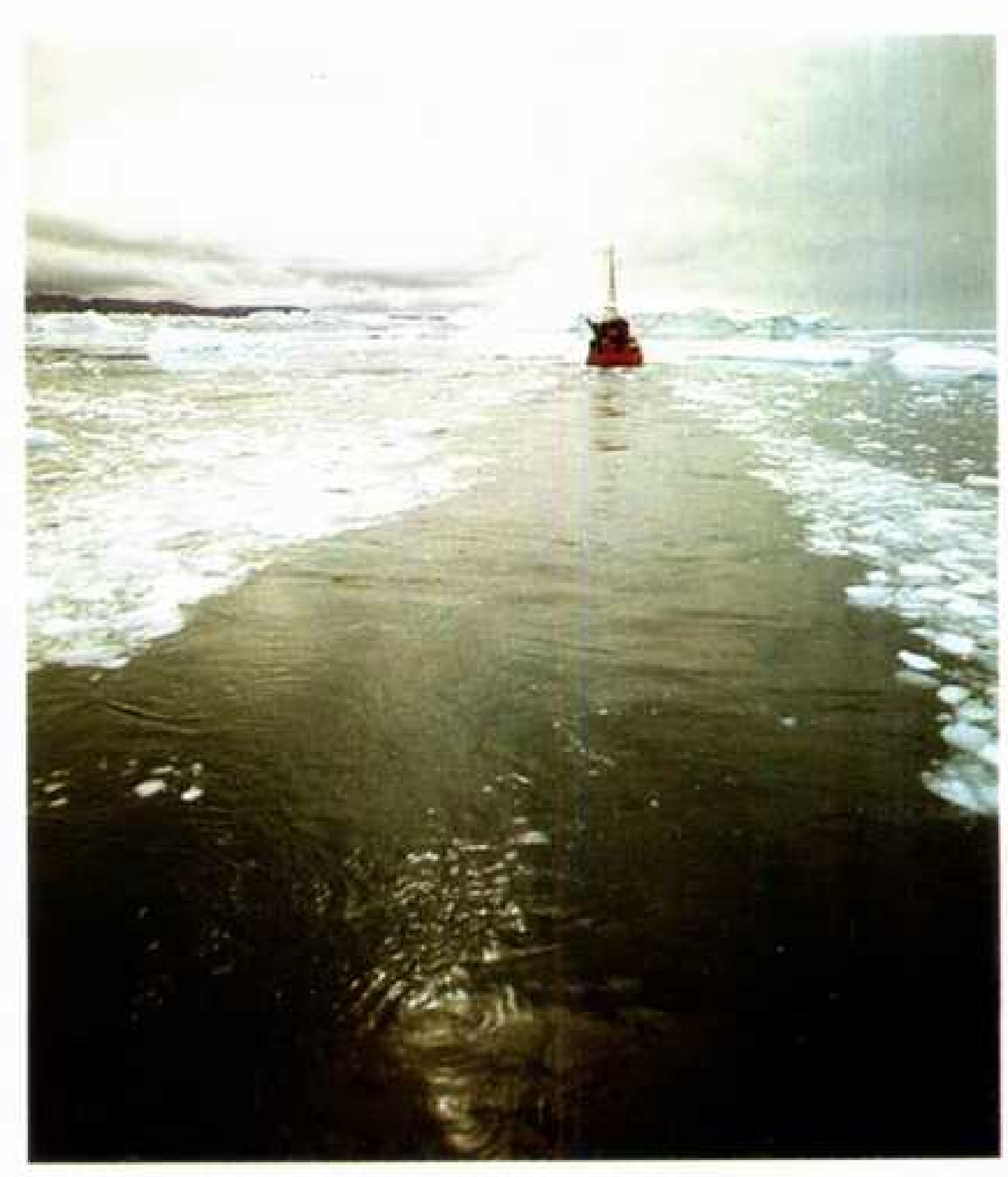
El Artico canadiense consiste en un complejo extraordinariamente recortado de islas y canales. Las tierras más importantes (la de Ellesmere, la de Baffin, la isla del Príncipe de Gales, la isla Melville, la isla Victoria, la isla del Príncipe Patrick, la isla Bank, etc.) son como prolongaciones directas del continente norteamericano. Los brazos de mar que las separan tienen poca profundidad. Sin embargo, la bahía de Baffin —encerrada entre la tierra de Baffin, la isla Ellesmere y Groenlandia— forma una amplia cubeta, cuya profundidad máxima alcanza los 2.460 metros. Se trata evidentemente de un fondo de origen tectónico, por completo diferente del de los canales cercanos, que son el resultado de una simple sumersión. La circulación del agua se organiza en ella según dos direcciones principales: la corriente occidental de Groenlandia avanza hacia el Norte, hasta las proximidades de la isla Ellesmere, donde colisiona con la corriente procedente del océano Artico por el canal de Nares; por el contrario, la corriente septentrional de Canadá se dirige hacia el Sur; entra luego en el estrecho de Davis, a cuya salida se mezcla con la corriente oriental de Groenlandia para formar la corriente fría del Labrador. Esta última desciende hacia Terranova para chocar con el ramal más septentrional del Gulf Stream.

En los canales del archipiélago del norte de Canadá, la banquisa se forma en octubre, alcanza rápidamente un espesor de dos metros y sólo desaparece en julio. Algunos témpanos resisten todo el verano, y se integran a la nueva banquisa del otoño siguiente. No ocurre lo mismo en el mar de Baffin: las corrientes, muy activas, fragmentan sin cesar la capa de hielo en formación. Existe incluso, al norte de esta cuenca, una zona prácticamente libre en pleno invierno. Es allí tan poderosa la corriente que arrastra el hielo a medida que se va formando.

El régimen de las corrientes que barren ambas costas de Groenlandia explica la trayectoria de los icebergs. Estos castillos de agua sólida, verdaderas catedrales resplandecientes, proceden algunos de ellos de la isla Ellesmere, de la isla Devon y de la tierra de Baffin. Pero la mayoría son «alumbrados» por los gigantescos glaciares de Groenlandia. El gran casquete helado *(inlandsis)* del hemisferio Norte libera unos 12.000 icebergs al año; pero éstos son sólo una parte de los que tales glaciares producen. La mayoría alcanzan tal tamaño que no logran ni siquiera salir de sus fiordos de origen; o bien son bloqueados por las corrientes contrarias. Los que se desprenden y logran adentrarse en el mar proceden en una minoría de la costa oriental (especialmente del Scoresby Sound), y en su mayoría de la costa occidental (particularmente de las bahías de Disko y Melville). Los primeros bogan con la corriente oriental de Groenlandia, doblan el cabo Farewell y se unen a los segundos, que viajan con la corriente septentrional de Canadá y luego con la corriente del Labrador. El cortejo de icebergs desciende en dirección a Terranova, disminuyendo a medida que avanza hacia el Sur. El número de icebergs que invaden las grandes rutas de navegación del Atlántico Norte varía según los años: por ejemplo, en 1958 se contó uno solo, pero en 1959 hubo 693. Tras las grandes catástrofes de principios de siglo (y en especial la del *Titanic,* en 1912, que provocó más de 1.500 muertes) ha entrado en acción un servicio de vigilancia. Hoy día, la detección se lleva a cabo no sólo por radar, sino también por satélite. Vale la pena el esfuerzo, porque las montañas de hielo son siempre peligrosas. El glaciar de Humboldt, en Groenlandia, presenta un frente de 110 kilómetros de anchura. Alumbra icebergs con un peso promedio de 1,5 millones de toneladas, y una altura de casi 500 metros (de los que unos 430 se encuentran bajo la superficie). Al penetrar en el Atlántico Norte, todavía les queda suficiente masa para mandar a pique a buques de cualquier tonelaje.





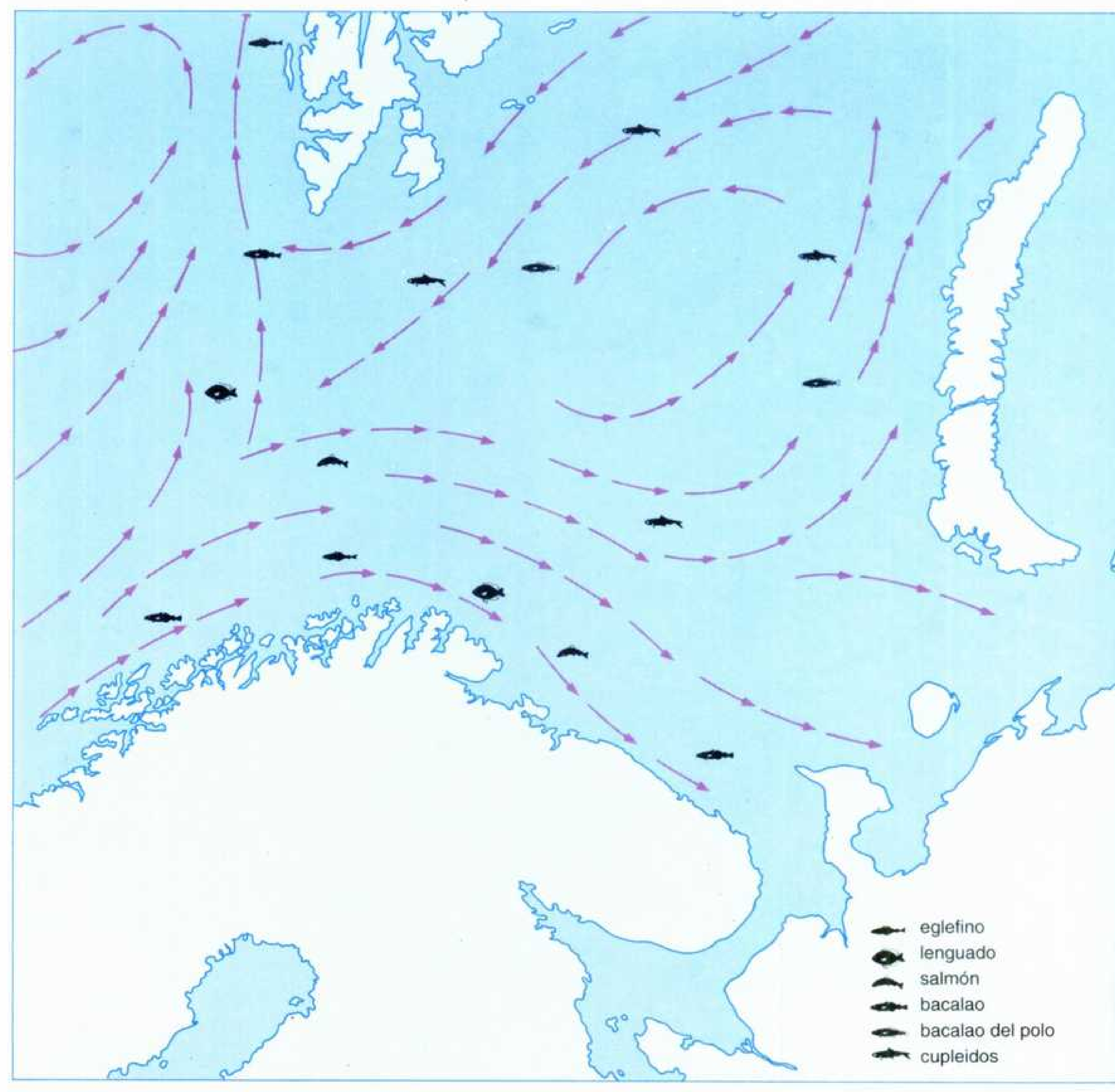




Peligrosas montañas de hielo. *El mapa de la página anterior muestra los principales lugares en que nacen estos enormes castillos de hielo; la zona en amarillo es la que vigila continuamente la patrulla internacional de prevención: todos los barcos que se adentran en aguas de Terranova se ponen a la escucha. Las flechas en rojo corresponden a las corrientes cálidas, y las blancas a las frías. Aquí, arriba, a la izquierda: la costa oriental de Groenlandia vista desde satélite. Abajo, a la izquierda: un iceberg a la deriva. A la derecha: voladura con dinamita de un iceberg que resultaba peligroso para la navegación.*

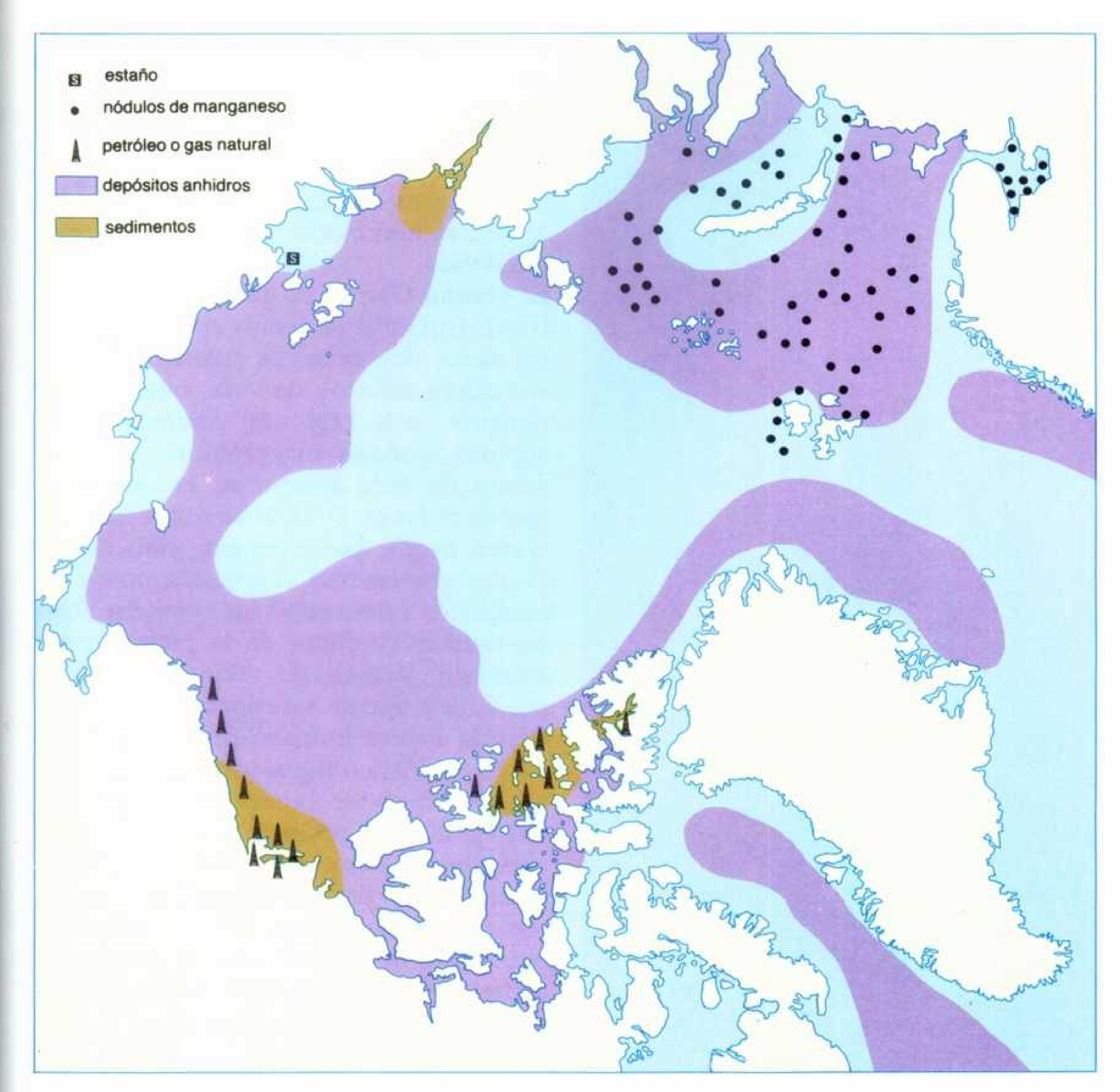


El hombre y el Artico



INCLUSO en la actualidad, sólo la margen más meridional del océano glacial Artico está habitada por el hombre. El pueblo esquimal —o, por mejor decir, el inuit— ha encontrado la forma de vivir en parajes tan desolados en armonía con la naturaleza. Hace siglos ya que llegaron los balleneros para cazar la ballena franca entre los hielos, pero casi la exterminaron. En nuestros días, los pescadores explotan los abundantes bancos de Spitzberg y del mar de Barents; y tanto, que los soviéticos, entrando a saco sin contemplaciones en esas aguas, las han transformado en verdadero desierto: donde antes se contaban por millones, ahora el bacalao ha desaparecido. (Por lo demás, las explosiones atómicas que los mismos soviéticos han llevado a cabo en Nueza Zembla han provocado que toda una parte de este mar esté contaminada de radiactividad.)

Por otra parte, el océano Artico está a punto de convertirse en una gran vía de comunicación. Ya lo es para los aviones, muchos de los cuales siguen la «ruta del polo», haciendo escala en los grandes aeropuertos de tránsito, como el de Anchorage, en Alaska. Para los barcos, en cambio, el hielo sigue planteando un problema difícil de resolver. Después de muchos intentos históricos, desde el de Frobisher, en 1576, hasta el de Franklin, en



prospecciones se iniciaron en 1972, en la orilla meridional del mar de Beaufort, especialmente en el delta de Mackenzie (Canadá) y en la región de la bahía de Prudhoe (Alaska). Casi de inmediato se empezó a explotar un importante yacimiento a orillas de la bahía de Prudhoe. Para ser rentable, comercialmente hablando, ha habido que construir un gran oleoducto a través de Alaska, que no ha dejado de provocar inquietud entre los ecólogos. Otros lugares promisorios han empezado a ser perforados, especialmente en las costas occidentales de Groenlandia y en las del Labrador. Los inuit, afortunadamente, parecen estar más preparados que otros pueblos primitivos para participar en los beneficios procedentes de la explotación de su suelo. En Siberia parecen enormes las posibilidades de encontrar hidrocarburos, tanto en tierra firme como en la inmensa plataforma continental. Y no sería de extrañar que el mar



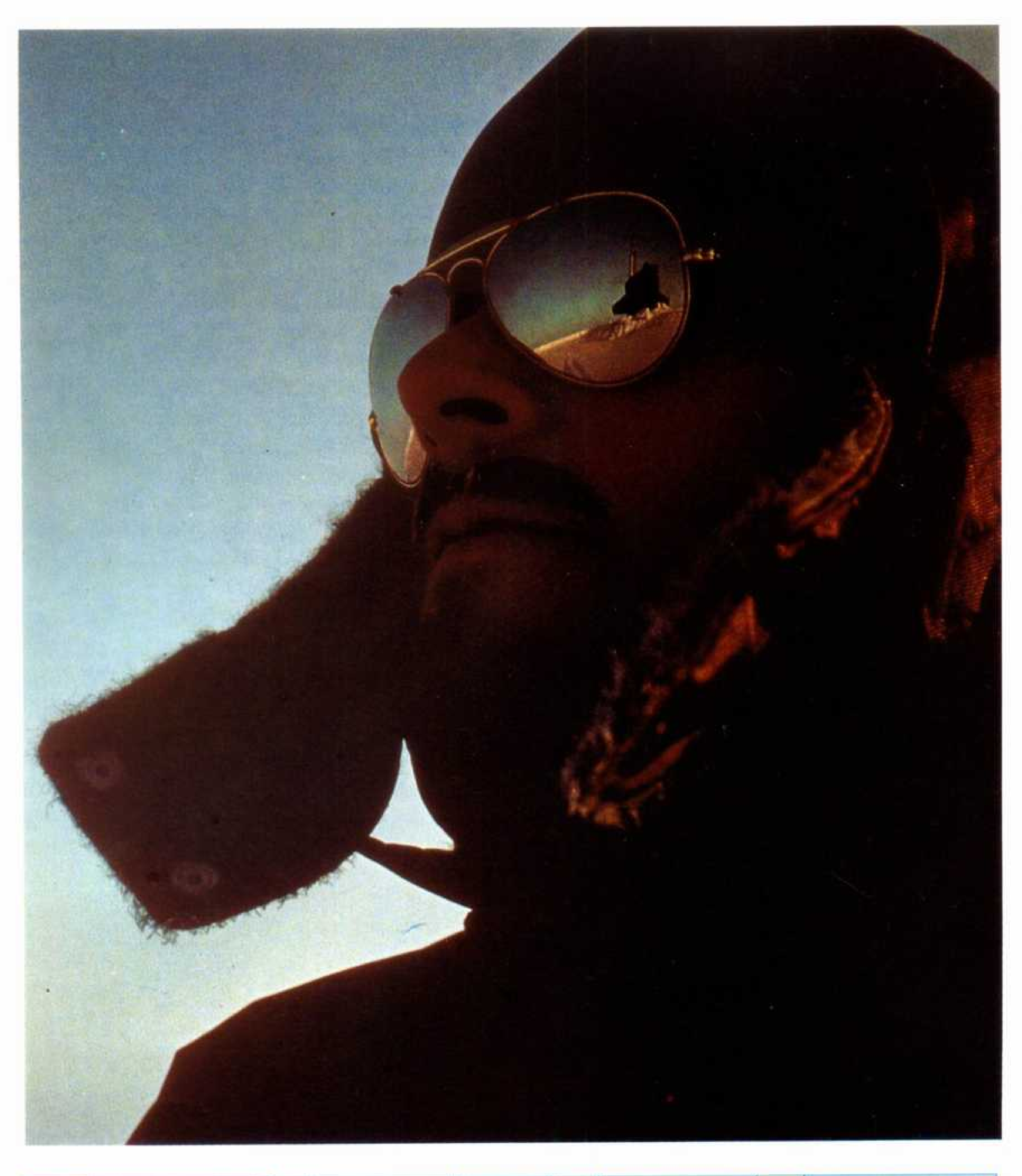




1845, el paso del Noroeste fue abierto por el noruego Roal Amundsen en 1903-1906. Pero apenas se volvió a utilizar. En 1969-1970, sin embargo, el rompehielos *Manhattan* se adentró en él, probando que se puede establecer un tráfico regular (en especial petrolero). El paso del Nordeste, buscado por primera vez por Barents en 1594, fue recorrido por Nordenskjöld, en 1878-1879, a bordo de su barco polar el *Vega*. En la actualidad, los rompehielos soviéticos hacen posible un tráfico importante por él, al menos durante los cuatro meses de la estación estival. El volumen de mercancía transportada (madera, minerales, etc.) se acerca a los tres millones de toneladas anuales.

Pero, naturalmente, la razón por la que todas las miradas se vuelven hacia el Artico es, una vez más, el petróleo. Las

Una región rica. *El Artico es todo menos un océano desierto. Escenario de un intenso tráfico aéreo y marítimo, comercial o militar, las dos «superpotencias» lo consideran como altamente estratégico y mantienen grandes bases atómicas en él. En verano, numerosos barcos soviéticos franquean el paso del Nordeste. El del Noroeste fue recorrido especialmente por el rompehielos americano* Manhattan. *El mar de Barents y el mar de Noruega son muy abundantes en pesca, aunque actualmente están sobreexplotados por los soviéticos (mapa de la página anterior). Los pescadores frecuentan igualmente las aguas de Groenlandia (página anterior, abajo: una flotilla en Reykiavik, capital de Islandia). Pero los grandes recursos del Artico son minerales, como lo indica el mapa de arriba. En numerosos sitios, especialmente en Alaska (bahía de Prudhoe) y en Canadá (fotografías de abajo), han comenzado ya las perforaciones petrolíferas, a pesar de efectuarse en condiciones muy difíciles, debidas principalmente a que el suelo está helado en profundidad. En estas regiones de icebergs y de la banquisa, las perforaciones en alta mar plantean problemas de seguridad casi insolubles. Todavía no se han emprendido, y es de desear que nunca lo sean, pues una marea negra en el océano Glacial causaría terribles perjuicios, habida cuenta de la extrema fragilidad que presentan los ecosistemas de las regiones polares.*



de Laptev fuera un nuevo El Dorado petrolero. Sin embargo, las dificultades para perforar allí son tantas, dado el estado actual de la técnica y los costos de operación, que no se vislumbra el poder aprovechar estas riquezas en mucho tiempo. Y esto es más cierto todavía para el mismo Artico.

El océano Glacial es un medio ecológico frágil. Cubierto de hielos en invierno, en los meses de verano es escenario de una verdadera eclosión de vida, basada enteramente en la explosión demográfica de algunas especies planctónicas (especialmente de esas quisquillas en miniatura que es el *krill)*. Si en él se produjera una marea negra, por ejemplo, esto podría afectar gravemente al crecimiento de los crustáceos y desestabilizar al mismo tiempo todo el conjunto de la pirámide alimentaria, demasiado reducida para soportar este tipo de agresiones.

Pero la locura humana parece no tener límite. El Artico no es solamente una zona estratégica de primer orden para los dos «grandes», que mantienen en la zona gigantescas bases atómicas (en Thule, Groenlandia, los americanos; los soviéticos, en Mourmansk, Nueva Zembla, etc.), sino que los soviéticos, de tiempo en tiempo, vuelven a poner sobre el tapete demenciales proyectos de obras de gran envergadura. Así, intentarían desviar hacia el Sur algunos de los grandes ríos siberianos, o cerrar con un dique el estrecho de Bering. Es inútil insistir en que si estas ideas comenzaran sólo a ponerse en práctica sería un auténtico desastre.

Frobisher (1576)
Davis (1585)
Barents (1594, 1595, 1596-97)
Hudson (1607, 1610-11)
Baffin (1615, 1616)
Bering (1725-27 1728-29, 1740-41)
James Cook (1778)
John Ross (1818, 1829-33)
Parry (1819-20, 1821-23)
Nordenskjöld (1878)
Amundsen (1903-06)
Peary (1908-09)
Amundsen Nobile (1926)
Nautilus (1958)


En busca de Cathay. *Las primeras expediciones por el océano Artico —a excepción de los balleneros— iban conducidas por navegantes deseosos de encontrar un paso directo hacia China (Cathay) y Japón (Cipango). El primero que forzó el paso del Noroeste fue el noruego Nordenskjöld, en 1878, y el primero que recorrió de parte a parte el del Noroeste fue su compatriota Amundsen, en 1903-1906. El primero en llegar al polo Norte tal vez fue el americano Peary en 1909, pero su hazaña es puesta en tela de juicio; es seguro, en cambio, que Amundsen y, luego, el italiano Nobile lo lograron en 1926. En 1958, el submarino atómico americano* Nautilus *llegó al punto exacto pasando bajo la banquisa, y ese mismo año emergió también en el polo el* Skate.

REFERENCIAS FOTOGRÁFICAS

Michael Abbey. Ansa/C. Marino. Archives Fabbri. Associated Press. Ira Block/Woodfin Camp and Associates. René Burri/Magnum. Bryn Campbell/Magnum. Enrico Cappelletti. Nino Cirani. B. M. Cita. CNR Instituto di Geofisica della litosfera, Milán. Collection Musée de l'Homme. G. Costa. Paolo Curto. Giorgio D'Andrea. Dani/Jeske. Larry J. Doyle. B. Dursley. Harold Edgerton. Esa. Rhodes W. Fairbridge. Mario Fantin. FAO. W. Finkl Jr. N. C. Flemming. G. Giorgerini. E. Giovenzana. Goddard Space Flight Center. Harbor Branch Found. I.C.P. J.L.P. Kitt Peak National Observatory and the Cerro Tololo Inter American Observatory. Klein Associates, Salem. J.P.Laffont-Sygma/Grazia Neri. Lockheed. Lloyd Triestino. C. Mauri/Marka. R.C. Murphy. Museo Naval, Madrid. NASA. National Museet, Copenhague. Naval Undersea Research and Development Center. Noaa. O.P.I. Orion/Marka. Peabody Museum of Salem. Photo de Mark Sexton. Daniele Pellegrini. Lino Pellegrini. Perry Oceanographic. Guido Picchetti. Folco Quilici. Rijks Museum Van Geologie en Mineralogie, Leiden. IMP. L. Rossi. Royal Viking Line. Mario Russo. Saipem. Flip Schulke/Graza Neri. S.E.F. Dennis Stock/Magnum. H. Stubbs/SCCWRP. Teksea. Telespazio. U.S. Geological Survey. U.S. Navy. Luis Villota/The Image Bank. C. Vita-Finzi. P. Wadhams. Wings Photo Enterprise. Woods Hole Oceanographic Inst. Woods Hole, Ma. USA. John Zimmerman.

ILUSTRADORES

Alessandro Bartolaminelli. Diagram Visual Information Limited. Ezio Giglioli. Glostudio, Novara. Hachette-Guides Bleus. Mario Russo. Studio Due Punti, Milán. Tiger Tateishi.



TEAU

3

ENCICLOPEDIA DEL MAR

folio